

**Die extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO)  
bei Patienten mit vorausgegangener Herzoperation  
– eine retrospektive Analyse**

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae (Dr. med.)

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich – Schiller – Universität Jena**

von **Julia Siebert**  
geboren am 25.08.1983 in Friedrichroda

Gutachter:

1. Prof. Dr. med. Artur Lichtenberg, Düsseldorf
2. PD Dr. Dr. Markus Ferrari, Jena
3. PD Dr. med. Ulrich F. W. Franke, Stuttgart

Tag der öffentlichen Verteidigung: 01.06.2010

# **Inhaltsverzeichnis**

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>6</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>8</b>
2.1 Herzunterstützungssysteme	8
2.1.1 Die Entwicklung von Herzunterstützungssystemen	8
2.1.2 Übersicht über die Möglichkeiten der Herzunterstützung	9
2.1.2.1 Kurzfristige Herzunterstützungssysteme	9
2.1.2.2 Längerfristige Herzunterstützungssysteme	9
2.2 Intraaortale Ballongegenpulsation (IABP)	11
2.2.1 Aufbau und Funktionsweise	11
2.2.2 Indikationen und Kontraindikationen	13
2.2.3 Komplikationen	14
2.3 Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO)	15
2.3.1 Aufbau und Funktionsweise	15
2.3.2 Indikationen und Kontraindikationen	19
2.3.3 ECMO nach herzchirurgischen Eingriffen	21
2.3.4 Komplikationen	21
<b>3 Ziele der Arbeit</b>	<b>24</b>
<b>4 Patienten, Material und Methode</b>	<b>26</b>
4.1 Datenerfassung und – verarbeitung	26
4.2 Patientendaten und – gruppierung	27
4.2.1 Anzahl, Alter, Geschlecht	28
4.2.2 Grund- und Begleiterkrankungen	28
4.2.3 Kardiochirurgische Eingriffe	29
4.2.4 ECMO – Implantation	32
4.2.5 IABP – Implantation	34
4.3 Statistische Auswertung	34

<b>5 Ergebnisse</b>	<b>35</b>
5.1 Entwöhnung von der ECMO	35
5.2 Hospitalverweildauer	37
5.3 Hospitalsterblichkeit	38
5.4 Nachbeobachtung	40
5.5 Kosten der ECMO	44
 <b>6 Diskussion</b>	 <b>47</b>
 <b>7 Schlussfolgerungen</b>	 <b>57</b>
 <b>8 Literaturverzeichnis</b>	 <b>59</b>
 <b>9 Anhang</b>	 <b>68</b>
9.1 Danksagung	68
9.2 Ehrenwörtliche Erklärung	69
9.3 Erläuterungen zu Formeln, SCOREs und Klassifikationen	70
9.4 Fragebögen (SF – 12; HADS – D)	73
9.5 Abbildungsverzeichnis	79
9.6 Tabellenverzeichnis	79

## **Abkürzungsverzeichnis**

AKE	Aortenklappenersatz
AMI	akuter Myokardinfarkt
ARDS	acute respiratory distress syndrome/ akutes Lungenversagen
BMI	Body – Mass – Index/ Körper – Masse – Index
BVAD	biventricular assist device/ biventrikuläres Unterstützungssystem
CNI	chronische Niereninsuffizienz
COPD	chronic obstructive pulmonary disease/ chronisch – obstruktive Lungenerkrankung
CPR	kardiopulmonale Reanimation
ECMO	extracorporale membrane oxygenation/ extrakorporale Membranoxygenierung
ELSO	International Registry of extracorporal life support organization
FiO <sub>2</sub>	inspiratorische Sauerstoff – Fraktion
HADS – D	Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version; Fragebogen
HIT	Heparin – induzierte – Thrombozytopenie
HLM	Herz – Lungen – Maschine
IABP	intraaortic ballon pumping/ intraaortale Ballongegenpulsation
ITS	Intensivstation
KHK	Koronare Herzkrankheit
LVAD	left ventricular assist device/ linksventrikuläres Unterstützungssystem
MKE	Mitralklappenersatz
MOF/MOV	multi – organ – failure/ Multiorganversagen
NYHA	New York Heart Association
n	Anzahl
OP	Operationssaal
P	Punkt/Punkte
PaO <sub>2</sub>	arterieller Sauerstoffpartialdruck (in mmHg)

pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PIP	peak inspiratory pressure/ Beatmungsspitzendruck (in cm H <sub>2</sub> O)
PTT	partielle Thromboplastinzeit
QoL	Quality of Life/ Lebensqualität
RVAD	rightventricular assist device/ rechtsventrikuläres Unterstützungssystem
SF – 12 /SF – 36	Short – Form (SF) – 12 – Health Survey; Fragebogen mit 12/36 Fragen
SIRS	systemic inflammatory response syndrome
SvO <sub>2</sub>	venöse Sauerstoffsättigung (in %)
VAD	ventricular assist device; Herzunterstützungssystem

## **1 Zusammenfassung**

Diese Retrospektive betrachtet die Ergebnisse des Einsatzes der extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO) nach vorausgegangener Herzoperation (Postkardiotomie) vom 01. November 1999 bis 31. Dezember 2006 in der Klinik für Herz – und Thoraxchirurgie der Friedrich – Schiller – Universität (FSU) Jena. In diesem Zeitraum erhielten 71 Postkardiotomie – Patienten (23 weiblich, 48 männlich) eine ECMO – Implantation nach einem vorausgegangenen kardiochirurgischen Eingriff.

Diese kardiochirurgischen Eingriffe umfassten Koronarrevaskularisationen (n=42, Koronarrevaskularisationen mit Herzklappenersatz (n=12), Aortenklappen – (n=5), Mitralklappen – (n=2), Aortenklappen – und Mitralklappenersatz (n=1), Composite – Ersatz bei Aorta ascendens – Aneurysma, das die Klappenebene einschloss (n=1), orthotope Herztransplantation (n=5), Aortendissektion (n=2), Verschluss eines Vorhofseptumdefektes (n=1) und eine Rethorakotomie nach Tumormassenreduktion des Vorhofes mit Herztransplantation (n=1).

Die Indikationen zur ECMO – Therapie bestanden in einem postoperativen, akuten myokardialen Pumpversagen, der Unmöglichkeit der Entwöhnung von der Herz – Lungen – Maschine (HLM) und in einem isolierten rechtsventrikulären oder biventrikulären Herzversagen.

Mithilfe dieser Arbeit soll der ECMO – Einsatz bei Erwachsenen mit Postkardiotomie – Syndrom (Low – output – Syndrom) in der Klinik für Herz – und Thoraxchirurgie der FSU Jena kritisch reflektiert werden. Hierfür wurden klinisch relevante Daten aus dem betrachteten Zeitraum retrospektiv gesammelt und analysiert. Die Einschätzung der Lebensqualität und der Mobilität des täglichen Lebens erfolgte mithilfe zweier Fragebögen (HADS – D, SF12). Anhand des Chi – Quadrat – Tests wurden signifikante Einflüsse auf die Entwöhnung und das Überleben herausgefiltert. Einen positiven Einfluss auf die Entwöhnung von der ECMO hatte die zusätzliche Verwendung einer intra-aortalen Ballongegenpulsation (IABP) ( $p<0,01$ ). Schwere Begleiterkrankungen, das Vorhandensein eines akuten Myokardinfarktes (AMI) ( $p<0,01$ ) und ein hohes Alter hatten keinen negativen Einfluss auf die Entwöhnung.

Die primäre Entwöhnung von der ECMO beim Postkardiotomie – Syndrom

(n=26, 36,6%) war ähnlich erfolgreich wie in der Literatur angegeben. Allerdings war die Anzahl der aus dem Krankenhaus entlassenen Patienten deutlich kleiner (n=7, 9,9%) und die Mortalität mit 90,1% höher als der internationale Standard. Eine erhöhte Sterblichkeit waren mit dem Vorhandensein eines AMI ( $p<0,001$ ), einer Koronaren Herzkrankheit (KHK) ( $p<0,05$ ) und einer chronischen Niereninsuffizienz (CNI) ( $p<0,01$ ) vergesellschaftet.

Die Patienten, die überlebten, konnten einen guten Gesundheitszustand (NYHA  $2,4\pm0,8$ ) und eine subjektiv befriedigende Lebensqualität (Schulnote  $3\pm1,1$ ) erzielen. Das Überleben war von einem jüngeren, männlichen Patientenbild mit geringerem Body – Mass – Index (BMI), niedrigerem EuroSCORE und einer verminderten Prävalenz einer CNI geprägt. Die kardiochirurgischen Eingriffe umfassten Koronarrevaskularisationen (n=5), Koronarrevaskularisation mit Aortenklappenersatz (n=1) und Koronarrevaskularisation mit Mitralklappenersatz und Aneurysmaresektion (n=1). Eine zusätzliche Unterstützung in Form einer IABP wurde bei allen Überlebenden eingesetzt. Kardiochirurgische Voroperationen der Überlebenden waren im Vergleich zur Gesamtgruppe seltener (14,3% vs. 24%).

Bei allen Überlebenden bestand eine KHK. Außerdem hatten alle Überlebenden einen AMI erlitten. Eine umfangreiche Anzahl von Begleiterkrankungen (arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, Hyperlipidämie, periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK), Hyperlipidämie) hatten keinen Einfluss auf das Überleben.

Ein ECMO – Einsatz nach einem kardiochirurgischen Eingriff stellt, trotz hoher Mortalitätsrate, eine Möglichkeit dar, einem schwer kranken Herzen die Gelegenheit zur Erholung zu bieten. Des Weiteren kann neben der Erholung im kardiogenen Schock auch eine kurzfristige Unterstützung des Herz – Kreislauf – Systems geboten werden bis ein Spenderorgan für eine Herztransplantation bereitsteht. Aufgrund ihres positiven Einflusses sollte neben der ECMO zusätzlich die IABP zur Anwendung kommen. Auf eine ECMO sollte nicht ausschließlich aufgrund eines AMI und eines hohen Alters verzichtet werden, da auch in einzelnen Fällen nach Entwöhnung von der ECMO eine gute Lebensqualität erreicht werden kann.



## **2 Einleitung**

### **2.1 Herzunterstützungssysteme**

#### **2.1.1 Die Entwicklung von Herzunterstützungssystemen**

Das Herz und seine Funktionsweise fasziniert seit Jahrhunderten Mediziner und Naturwissenschaftler in der ganzen Welt.

Es handelt sich um einen kräftigen Muskel zur Aufrechterhaltung der Kreislauffunktionen, der nicht gefeit gegenüber Erkrankungen und der damit verbundenen Möglichkeit des Versagens und letztlich des Todes eines Organismus ist. Um diesem Endpunkt entgegen zu treten und dem unausweichlichen Tod eines Menschen die Stirn zu bieten, begann der Kampf gegen das Herzversagen und die Entwicklung von Herzunterstützungssystemen.

Bereits im 3. vorchristlichen Jahrhundert wurden erste Versuche des Herzersatzes in der chinesischen Medizin durchgeführt (Wong 1929). Erste Arbeiten zum maschinellen Ersatz der Herzfunktion wurden in Westeuropa 1812 veröffentlicht (LeGallois 1812).

Aufgrund des besseren pathophysiologischen Verständnisses und größerer technischer Möglichkeiten beginnt die moderne Forschung zum Kunstherz ersatz Anfang des 20. Jahrhunderts.

In Russland und den USA wurden Arbeiten über einen Apparat zur künstlichen Blutzirkulation (Bryukhonenko 1928) und über die Aufrechterhaltung des Lebens während des experimentellen Verschlusses der Pulmonalarterie (Gibbon 1939) vorgelegt (Bryukhonenko 1928, Lindbergh 1935, Gibbon 1939). Gibbon war es schließlich, der 1953 die erste erfolgreiche offene Herzoperation unter Verwendung einer Herz – Lungen – Maschine (HLM) durchführte. Der 18jährigen Patientin wurde ein Vorhofseptumdefekt verschlossen (Gibbon 1954).

Hiermit wurde der entscheidende Schritt für die weitere, rasante Entwicklung der Herzchirurgie geleistet. In der Folgezeit entstand eine Vielzahl von Systemen und Möglichkeiten der künstlichen Herzunterstützung.

## **2.1.2 Übersicht über die Möglichkeiten der Herzunterstützung**

### **2.1.2.1 Kurzfristige Herzunterstützungssysteme**

Zu den kurzfristigen Herzunterstützungssystemen – die in der Regel nicht länger als eine Woche eingesetzt werden – zählen die IABP und die ECMO. Eine ausführliche Beschreibung beider Herzunterstützungssysteme erfolgt in den Kapiteln 2.2 und 2.3.

### **2.1.2.2 Längerfristige Herzunterstützungssysteme**

Durch die Einführung der Herztransplantation, die 1967 erstmals von Christiaan Barnard durchgeführt wurde, hatte sich die Möglichkeit ergeben, auch Patienten mit chronischem Herzversagen erfolgreich zu therapieren und eine deutliche Lebensverlängerung zu ermöglichen (Barnard 1967). Da aber ein Spenderherz selten akut zur Verfügung steht, war die Entwicklung von Kunstherzen notwendig, die die Herzfunktion für Wochen und Monate übernehmen können. Die Fülle der mechanischen Herzunterstützungssysteme (Tabelle 1) kann anhand der Lokalisationen und der Flusstechniken systematisiert werden.

Bei den Ventricular Assist Devices (VAD) handelt es sich um ventrikuläre Herzunterstützungssysteme, die bei reversibler oder irreversibler Herzschädigung verschiedene Optionen zur Herzunterstützung bieten. Es werden folgende Indikationen unterschieden:

- a) eine temporäre Unterstützung, die eingesetzt wird, bis sich das Organ wieder vollständig erholt hat („bridge to recovery“),
- b) eine temporäre Unterstützung, bis ein Ersatz des irreversibel geschädigten Herzens möglich ist und ein Spenderorgan vorliegt („bridge to transplantation“)
- c) und die Möglichkeit einer Langzeitunterstützung im Sinne eines permanenten Herzersatzes durch ein total künstliches Herz („Total Artificial Heart“) (Lewis und Graham 1995, Frazier et al. 1996, Van Aken et al. 2007).

Entsprechend der Ursache eines intraoperativen, therapierefraktären Low – output – Syndroms (rechtsventrikuläres, linksventrikuläres oder biventrikuläres Versagen) kann ein rechts – (RVAD), links – (LVAD) oder biventrikuläres (BVAD) Assistenzsystem implantiert werden (Van Aken et al. 2007). Die Entscheidung für ein links –, rechts – oder biventrikuläres System kann anhand

erhöhter links – und rechtsatrialer Drücke getroffen werden. Des Weiteren bietet die transoesophageale Echokardiographie (TEE) eine Möglichkeit zur Beurteilung des Pumpversagens des/der Ventrikel (Lewis et al. 1995, Quaal et al. 1993).

Tab. 1: Übersicht der Herzunterstützungssysteme

<b>Lokalisation</b>	<b>Flusscharakteristik Antrieb</b>	<b>System</b>	<b>Zugang</b>
intravaskulär	➤ pulsatil ➤ non – pulsatil	IABP Hemopump	TF, TA TF, TA
parakorporal	➤ non – pulsatil (in Kombination mit IABP)  ➤ pulsatil, pneumatisch; als L – , RVAD o. BVAD pneumatisch	Rollerpumpen Zentrifugalpumpen ECMO  Abiomed BVS 5000 Symbion AVAD Thoratec VAD Berlin Heart Medos - HIA	RA/PA, LA o. LV/AO RA/PA, LA o. LV/AO v/a, PK: RA/AO  RA/PA, LA o. LV/AO RA/PA, LA o. LV/AO RA/PA, LA o. LV/AO RA/PA, LA o. LV/AO RA/PA, LA o. LV/AO
intrakorporal	➤ pulsatil, pneumatisch  ➤ pulsatil, elektrisch  ➤ non – pulsatil	TAH (z.B. Jarvik) TCI HeartMate  Novacor LVAS TCI HeartMate  DeBakey LVAD BerlinHeart InCor HeartMate II DuraHeart	RA/PA u. LA/AO LV/AO LV/AO LV/AO LV/AO

TF: transfemoral, TA: transaortal, RA: rechter Vorhof, LA: linker Vorhof, PA: Pulmonalarterie, AO: Aorta ascendens, v/a:venoarteriell, PK: post Kardiotomie (Van Aken et al. 2007)

Die Abbildung 1 illustriert ein Beispiel für ein Herzunterstützungssystem – TCI HeartMate.

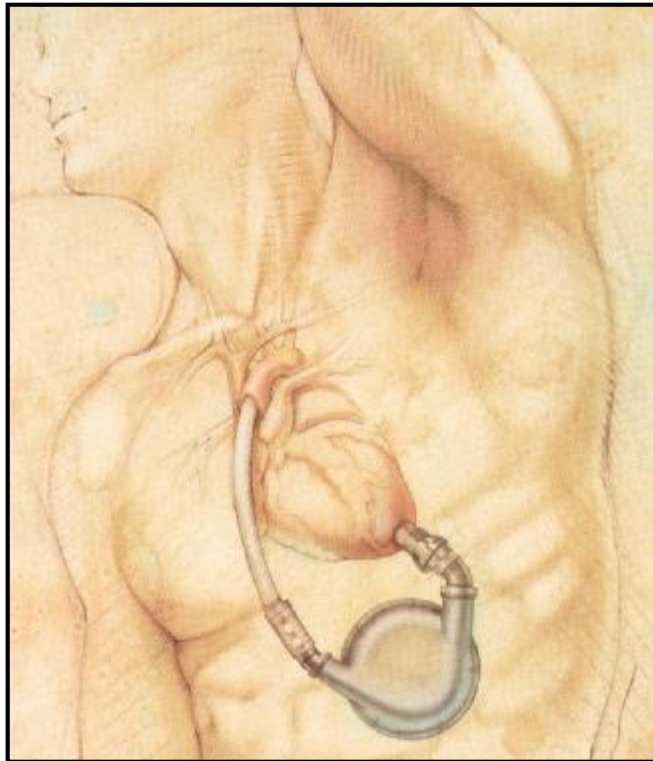


Abb. 1: TCI HeartMate

## **2.2 Intraaortale Ballongegenpulsation (IABP)**

### **2.2.1 Aufbau und Funktionsweise**

Die IABP (Abbildung 2), deren Prinzip 1968 in die Klinik eingeführt wurde, hat große Bedeutung in der Herzchirurgie erlangt (Kantrowitz et al. 1968). Sie stellt heute das am häufigsten eingesetzte Herzunterstützungssystem dar (Ferguson et al. 2001).



Abb. 2: Eine IABP

Bei diesem Verfahren zur Herzunterstützung wird ein Ballonkatheter über die A.femoralis retrograd bis in die Aorta thoracica descendens vorgeschoben (Abbildung 3), wobei die Spitze des Ballons in der Aorta descendens etwa zwei Zentimeter unterhalb des Abgangs der A. subclavia zu liegen kommt und idealerweise in der Aorta abdominalis oberhalb der Nierengefäße endet (Reinhartz und Wallenta 2003).

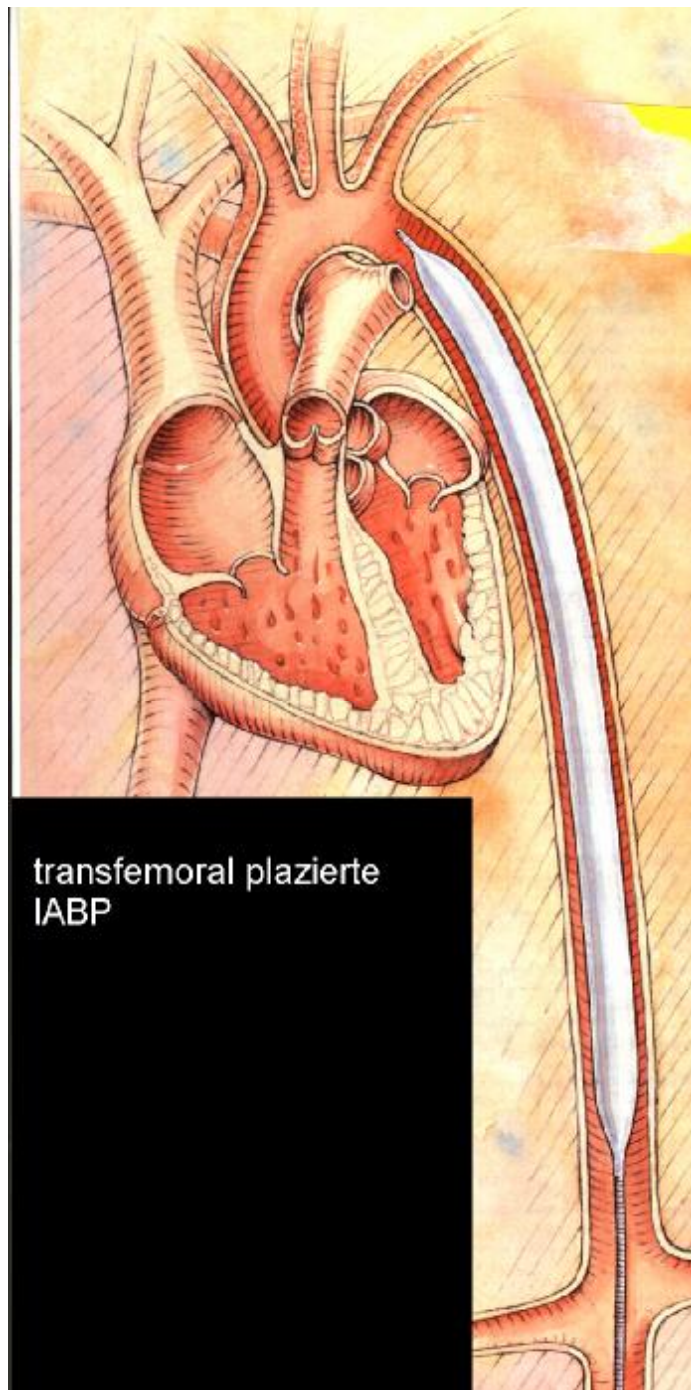


Abb. 3: Der platzierte Ballon einer IABP

Der Ballon der IABP wird Herzzyklus – synchron mit 30 – 50 ml Gas (Helium) gefüllt und wieder entleert. Durch die Füllung während der Diastole gelingt die gesteigerte Koronarperfusion, da Blut aus der Aorta in die Koronargefäße gepresst wird. Aufgrund der Tatsache, dass präsysstolisch eine sofortige Entleerung des Ballons stattfindet, wird eine linksventrikuläre Nachlastsenkung (Afterload), eine reduzierte linksventrikuläre Wandspannung und somit eine reduzierter linksventrikulärer enddiastolischer Druck erreicht.

Der Sauerstoffverbrauch des Myokards wird gemindert. Da über den reduzierten linksventrikulären enddiastolischen Druck auch eine Minderung der rechtsventrikulären Nachlast und Wandspannung erreicht wird, senkt sich auf diesem Wege nochmals der myokardiale Sauerstoffverbrauch und verbessert das Sauerstoffangebot zusammen mit der koronaren Perfusion um bis zu 50% (Kern et al. 1999). Auch wird eine Steigerung des arteriellen Mitteldrucks durch verstärkte periphere Perfusion erzielt. Des Weiteren werden ein Anstieg des Herzzeitvolumens, ein Abfall des systemischen Widerstands, eine Zunahme des arteriellen Mitteldrucks und eine abnehmende Herzfrequenz registriert (Clauss et al. 1962, Kantrowitz und Kantrowitz 1953, Mehlhorn und de Vivie 2001).

## **2.2.2 Indikationen und Kontraindikationen**

Die klassische Indikation für eine IABP besteht in einer schwer eingeschränkten Pumpleistung des linken Ventrikels, die u.a. nach Myokardinfarkten oder nach kardiochirurgischen Eingriffen auftreten kann (Arafa et al. 1999, Ferguson et al. 2001, Mehlhorn und de Vivie 2001, Mehlhorn et al. 1999).

Eingesetzt wird eine IABP auch intraoperativ, um eine Entwöhnung von der HLM zu erreichen, oder postoperativ auf einer Intensivstation, wenn eine Verschlechterung der Hämodynamik eintritt oder eine kardiale Unterstützung notwendig wird z.B. bei nicht optimaler Revaskularisation. Aber auch bei Transplantatdysfunktion nach einer Herztransplantation und rechtsventrikulärem Versagen findet eine IABP ihre Anwendung (Arafa et al. 2000). In der Kardiologie ist die IABP eine Maßnahme, um linksventrikuläres Pumpversagen bzw. einen kardiogenen Schock und therapierefraktäre instabile Angina pectoris und drohendem Myokardinfarkt zu behandeln (Braunwald et al. 1994, Holmes et al. 1997).

Eine IABP ist kontraindiziert, wenn beim Patienten eine schwere Aortenklappeninsuffizienz vorliegt, da die IABP zu einer Erhöhung der Regurgitation beiträgt. Bei Aortenaneurysmen im Descensus – Bereich sind eine Fehllage des Ballons, ein Abscheren von thrombotischen Material und auch Gefäßrupturen möglich. Bei dem Vorhandensein einer pAVK sollten Nutzen und Risiko einer IABP – Anwendung abgewogen werden. Nicht eingesetzt werden sollte die IABP, wenn ein prothetischer Gefäßersatz vorhanden ist (Creswell et al. 1992, Fasseas et al. 2001, Mehlhorn und de Vivie 2001, Torchiana et al. 1997). Gegebenenfalls kann in einem solchen Fall die IABP – Implantation über einen Schornstein erfolgen.

### **2.2.3 Komplikationen**

IABP – induzierte Komplikationen sind v.a. vaskulärer Genese. Sie treten mit einer Rate von 6–33% auf (Arafa et al. 1999, Busch et al. 1997). So zählen auch Beinischämien (5–18%) zu den Komplikationen eines IABP – Einsatzes. Eine operative Versorgung der Komplikationen wird bei 1–4% der IABP – Patienten notwendig, wobei Eingriffe wie Thrombektomien, Gefäßrekonstruktionen oder Fasziotomien bei Kompartment – Syndrom erforderlich werden können (Ferguson et al. 2001).

Eine weitere seltene, mit dem Ballon assoziierte Gefahr besteht in einer Gasembolie durch eine Undichtigkeit des Ballons. Wie bei allen interventionellen Verfahren muss auch hier mit Infektionen gerechnet werden, wobei hierfür eine 6 prozentige Komplikationsrate angegeben wird (Möhnle und Kilger 2002).

Angesichts der Tatsache, dass auch unter einer IABP nicht immer eine Kreislaufstabilisierung erreicht werden kann, ist eine ECMO – Therapie zur Steigerung der Kreislaufassistenz zu erwägen.

## **2.3 Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO)**

### **2.3.1 Aufbau und Funktionsweise**

Die ECMO ist eine Methode zur Aufrechterhaltung des Herz – Kreislaufsystems, wenn unterstützende Maßnahmen nicht mehr ausreichen. Es handelt sich dabei um den partiellen oder totalen Ersatz der Herz – und /oder der Lungenfunktion.

Das Funktionsprinzip ist an die konventionelle HLM angelehnt. Durch die ECMO können ein Kohlenstoffdioxid – und Sauerstoffaustausch gewährleistet werden, wenn eine konventionelle Beatmung unmöglich oder eine Kreislaufunterstützung nötig wird. Der Unterschied zu der im Operationssaal eingesetzten HLM besteht darin, dass sie über kein dauerhaftes venöses Reservoir verfügt und keine Aussicht auf eine Autotransfusion („Koronarsauger“) bietet (Rastan und Doll 2003).

Anhand der Abbildungen 4 und 5 kann der Aufbau einer ECMO nachvollzogen werden, während die Abbildung 6 einen Einsatz der ECMO im Jenaer Operationssaal zeigt.

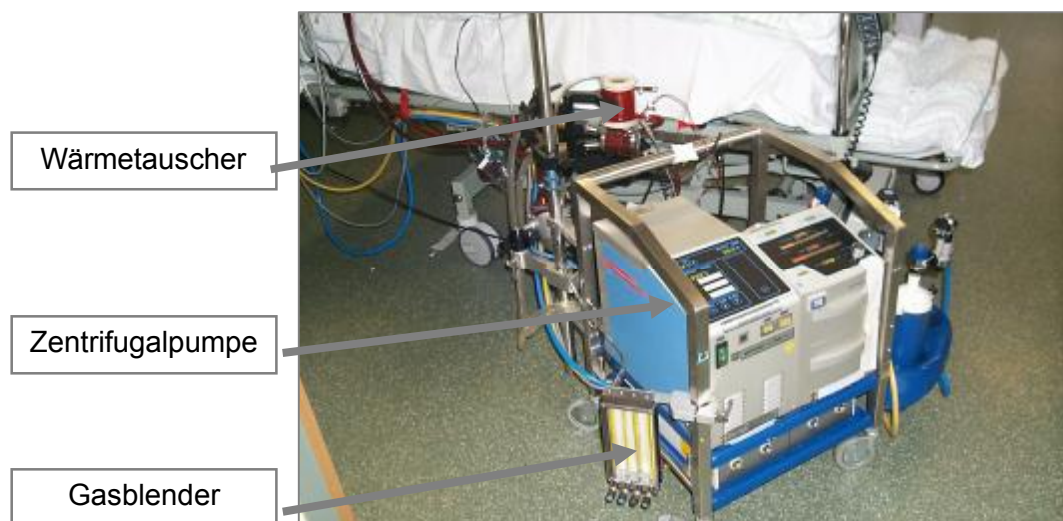


Abb. 4: Abbildung einer ECMO



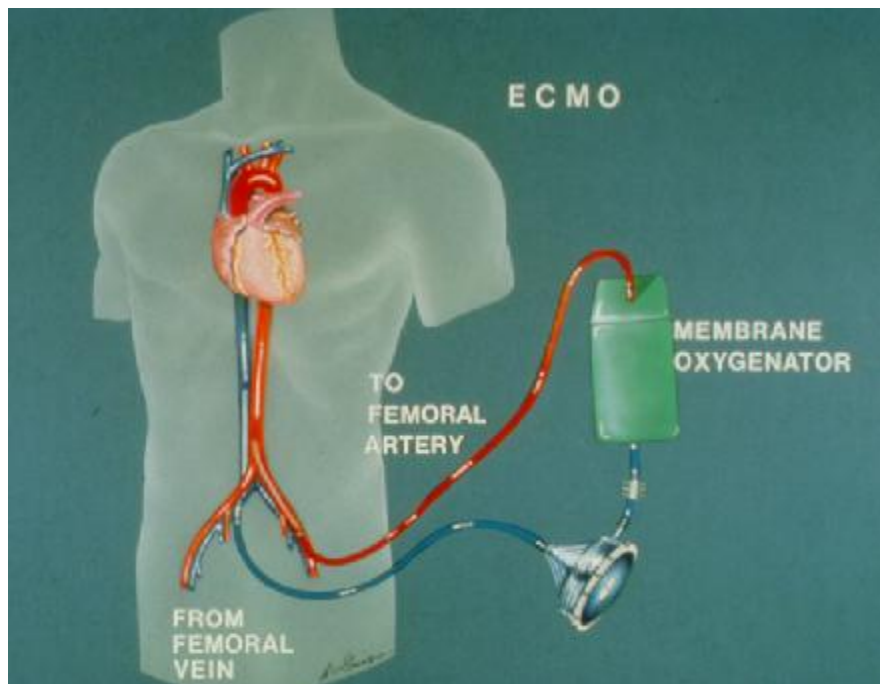


Abb. 5: Schematische Illustration des ECMO – Aufbau

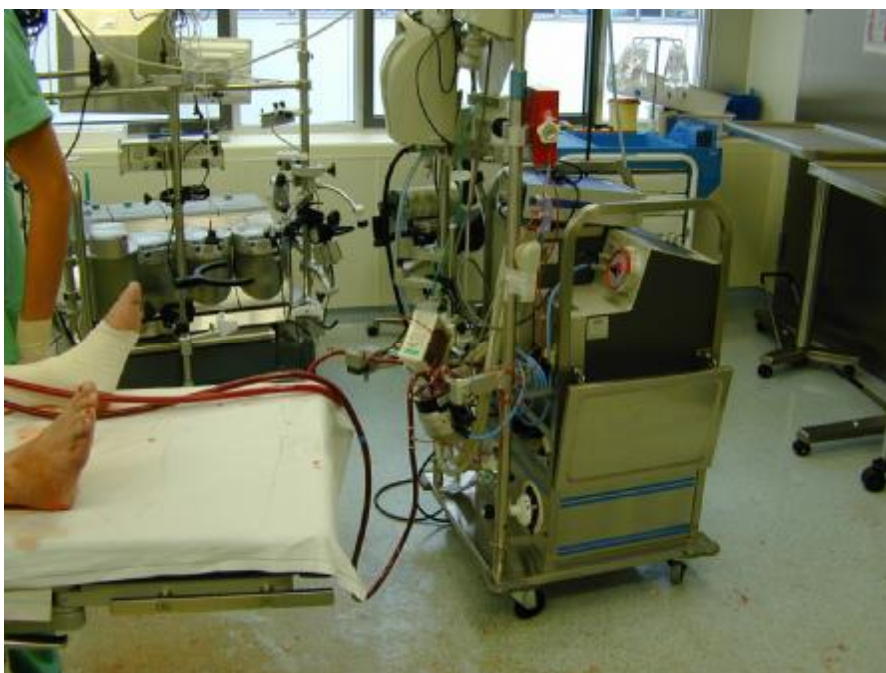


Abb. 6: ECMO – Einsatz im Jenaer Operationssaal

Die ECMO gewährleistet den Gasaustausch, indem die Kombination aus Oxygenator und Pumpensystem das Patientenblut zirkulieren lässt. Der

Gasaustausch findet über eine semipermeable Membran statt, indem auf einer Seite das Patientenblut fließt und auf der anderen Seite Sauerstoff eingeleitet wird (Henne – Bruns et al. 2001). So kann der physiologische Gasaustausch der Lunge nachempfunden werden.

Der künstliche Kreislauf zur Lungen – und Kreislaufunterstützung wird mittels Seldinger – Technik über periphere Kanülierungen eingebracht, über die der Blutfluss zwischen Patient und ECMO aufrechterhalten wird. Am häufigsten wird eine Kanülierung über die Femoralgefäße geschaffen. Die Abbildungen 7 und 8 illustrieren die femorale Kanülierung im Jenaer Operationssaal. Aber auch andere Zugangswege, z.B. über die A. und V. axillaris oder auch ein thorakaler Zugang, können genutzt werden.



Abb.7: Die Kanülierung einer ECMO am Patienten im OP



Abb.8: Die femorale Kanülierung der ECMO

Abhängig von der zugrunde liegenden Erkrankung des Patienten sind eine arterio – venöse, eine veno – venöse und eine veno – arterielle Kanülierung zur Etablierung der ECMO möglich. Die folgende schematische Darstellung in Abbildung 9 gibt einen Überblick der verschiedenen Kanülierungen.

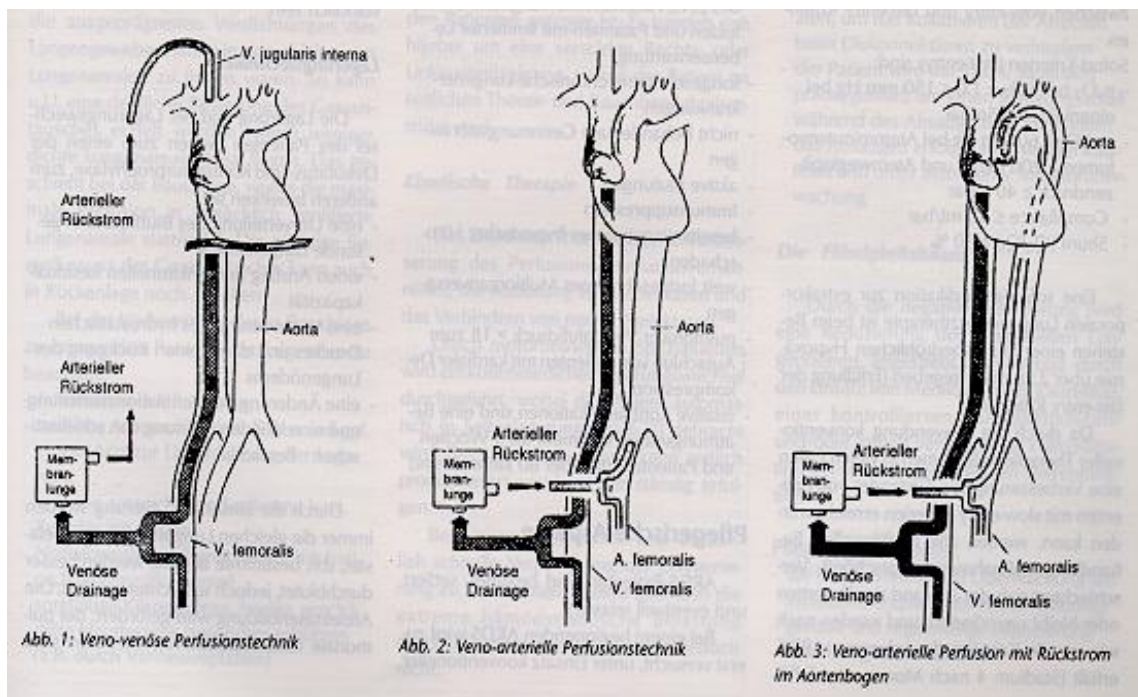


Abb. 9: Übersicht der Perfusionstechniken

Die arterio – venöse Kanülierung, bei welcher der Blutfluss von der A. femoralis über den Oxygenator zurück in den rechten Vorhof geleitet wird, ist nur bei stabilen Kreislauftsituationen und einem guten Herzzeitvolumen geeignet. Für die arterio – venöse Kanülierung kommen ausschließlich Patienten mit gestörtem Gasaustausch in Frage. Diese können meistens aber besser mittels veno – venöser Kanülierung behandelt werden (Delius et al. 1993, Tosson et al. 2001). Die veno – venöse Kanülierung dient der alleinigen Lungenunterstützung – hier dient die ECMO nur dem Gasaustausch der Lunge. Das Patientenblut fließt über eine Kanüle, die in der V. cava inferior zu liegen kommt, zum Oxygenator und von dort über die V. cava superior oder die Rami pulmonales zurück in den Patientenkreislauf. Zum Großteil findet sich die veno – venöse Kanülierung in der Neonatologie und Pädiatrie – dort wird diese bei akuten und reversiblen Lungenerkrankungen ohne kardiale Beteiligung angewendet (Andrews et al. 1983, Tosson et al. 2001).

Dem gegenüber steht die veno – arterielle Kanülierungsmöglichkeit, die eine komplette Herzunterstützung ermöglicht. Die venöse Drainage erfolgt über die V.cava inferior. Von dort gelangt das Blut in den Oxygenator und über die A.femoralis oder die Aorta ascendens wieder zum Patienten (Tosson et al. 2001). Über eine suffiziente Drainage des rechten Vorhofes kann mit der veno – arteriellen ECMO eine biventrikuläre Entlastung erreicht werden. Zusätzlich kann ein begleitendes Lungenversagen therapiert werden.

Durch die periphere Kanülierung besteht die Möglichkeit, eine ECMO zu implantieren, ohne dass eine laufende kardiopulmonale Reanimation (CPR) unterbrochen werden muss. Durch diese Maßnahme wird ein Ansteigen der Überlebensrate auf bis zu 37% möglich (Reedy et al. 1990, Ferrari et al. 1998). So besteht die Gelegenheit sowohl Herz als auch Lunge zu unterstützen und dennoch, aufgrund der perkutanen Technik, eine Sternotomie zu vermeiden. Aufgrund dessen, wird die veno – arterielle ECMO als Überbrückungsmaßnahme nach kardiochirurgischen Eingriffen angesehen und als „life support system“ bezeichnet. (Rastan und Doll 2003).

### **2.3.2 Indikationen und Kontraindikationen**

Ein ECMO – Einsatz kann, wie bereits skizziert, aufgrund pulmonaler und kardialer Indikation implantiert werden.

Pulmonale Indikationen sind das akute Lungenversagen, eine dekompensierte chronisch – obstruktive Lungenerkrankung (COPD), Pneumonien, restriktive Lungenerkrankungen, Mekoniumaspiration des Neugeborenen, eine angeborene Zwerchfellhernie, eine unreife Lunge und die Neugeborenenpneumonie. Hierbei gelten als Implantationskriterien: Horowitz – Quotient ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ )  $<65\text{mmHg}$ , dekompensierte Hyperkapnie, alveolar-arterieller Sauerstoffgradient  $>620\text{mmHg}$  über 4 – 12 Stunden, respiratorische Azidose mit einem pH – Wert  $<7,25$  über 3 Stunden, ein  $\text{PaO}_2$  von  $35\text{--}50\text{mmHg}$  über 1 – 12 Stunden, Sauerstoffindex von  $35 – 50\text{mmHg}$  über 1 – 6 Stunden, eine  $\text{FiO}_2$  von 1,0 bzw. eine Jet – Ventilation über 6 Stunden.

Als kardiale Indikationen für eine ECMO – Implantation gelten das erfolglose Entwöhnen von einer HLM, das progredientes Post – Perfusions – Low – cardiac – output – Syndrom (Stunning), eine akute Abstoßung nach thorakaler Organtransplantation, ein Myokardinfarkt mit Low – cardiac – output – Syndrom, eine Myokarditis und eine maligne Arrhythmie. Aber auch als bridge – to – recovery/assist/transplant, bei angeborenen Herzfehlern, bei einer Lungenembolie und einer Kardiomyopathie kann eine ECMO indiziert sein.

Mit dem Begriff des „Stunning“ (engl. „Betäubung“) beschreibt man die postoperativ eingeschränkte myokardiale Funktion, die durch eine postischämische myokardiale Dysfunktion hervorgerufen wird und auch nach Wiederherstellung der normalen Perfusion zunächst erhalten bleibt, aber als reversibel gilt (Van Aken et al. 2007).

Die Implantation der ECMO erfolgt bei einem mittleren Blutdruck  $< 60\text{mmHg}$ , Wedge – Druck  $> 20\text{mmHg}$ , Cardiac Index  $< 2,0\text{l/min/m}^2$  Körperoberfläche, Azidose bei einem pH – Wert  $< 7,25$ , bei sekundärem Organversagen oder einer erniedrigten  $\text{SvO}_2$  ( $<55\%$ ).

Auf eine ECMO – Implantation sollte – unter individueller Berücksichtigung – verzichtet werden, wenn schwere Begleiterkrankungen (COPD, Niereninsuffizienz, schwere zerebrale Schäden wie ein akutes Schädel – Hirn – Trauma, ein akutes zerebrovaskuläres Ereignis oder ein hypoxischer Hirnschaden), Gerinnungsstörungen, schwere Blutungen (intrazerebral), maligne Erkrankungen, Immunsuppression, Alter  $>60$  Jahre, mehrtägige Beatmung ( $>10$  Tage mit hoher  $\text{FiO}_2$  oder einem Spitzendruck (PIP)  $> 30\text{cm H}_2\text{O}$ ) vorliegen (Rastan und Doll 2003, Mols et al. 2001).

### **2.3.3 ECMO nach herzchirurgischen Eingriffen**

Eine Einsatzmöglichkeit findet die ECMO nach herzchirurgischen Eingriffen – im Rahmen eines Postkardiotomie – Syndroms. Dieses Syndrom entsteht, wenn eine morphologische Herzerkrankung operativ behandelt wird und infolge der Operation eine Kontraktilitätsstörung auftritt, die mit einer schweren Verminderung der Pumpleistung verbunden ist (Görler und Haverich 2004). Aufgrund des therapierefraktären Pumpversagens und eines geringen Herzzeitvolumens entsteht eine Minderperfusion des Organismus. Klinisch äußert sich eine Minderperfusion in Oligurie, niedrigem arteriellen Blutdruck, Tachykardie, Zyanose, Laktatanstieg und metabolischer Azidose sowie verminderten peripheren Pulsen.

Nach Herzoperationen – unter Verwendung einer HLM – kommt es bei 0,5–1% der Patienten zu einem schweren Herzversagen. Diese Patienten benötigen eine mechanische Unterstützung, wenn das Herzversagen trotz einer Behandlung mit positiv inotropen Medikamenten und einer IABP andauert. Für diese Patienten kann die ECMO eine kurzzeitige Unterstützung darstellen, da sich das Herz unter dem ECMO – Einsatz erholen kann (Muehrcke et al. 1996, Smith et al. 2001, Magovern und Simpson 1999, Kitamura et al. 1999).

Das Postkardiotomie – Syndrom wird auch als Post – Cardiopulmonales – Bypass – Syndrom (CPB) bezeichnet. Synonym dazu beschreiben einige Autoren es auch als Low – output – Syndrom (LOS) oder Low – cardiac – output – Syndrom (LCO – Syndrom). Manche Autoren reservieren den Begriff des LOS ausschließlich für den Zustand nach kardiochirurgischen Eingriffen (Wollert und Drexler 1998). Im Rahmen eines kardiochirurgischen Eingriffs wird eine mangelnde Myokardprotektion aus Ursache des Postkardiotomie – Syndroms angesehen. Es sollten aber – nach Meinung anderer Autoren – auch das akute Herzversagen nach akutem Myokardinfarkt und andere plötzlich einsetzende Low – Output – Syndrome, wie beispielsweise im Rahmen von Myokarditiden und Endokarditiden hinzugerechnet werden (Felker et al. 2003).

### **2.3.4 Komplikationen**

Während einer ECMO – Therapie können sich zahlreiche Komplikationen ereignen. Neben technischen Hindernissen ist bei zunehmender Perfusionszeit ein erheblicher Anstieg der Mortalität zu beobachten. Eine kardiale Ischämie,



ein Myokardinfarkt oder ein Myokardödem können ein prolongiertes Stunning verursachen, welches das Entwöhnen von der ECMO unmöglich machen kann. Auch werden oft Herzrhythmusstörungen von bis zu 19% registriert (Rastan und Doll 2003). Ferner müssen Hämolyse, Blutungen basierend auf einer erforderlichen Antikoagulation, Infektionen und Schlaganfälle genannt werden. Aufgrund zahlreicher Low – flow – Bezirke im ECMO – Kreislauf ist eine systemische Antikoagulation erforderlich. Hierdurch kann innerhalb kurzer Zeit eine Umwandlung von Fibrinogen zu Fibrin vermieden werden. Die kontinuierliche intravenöse Heparinisierung wird mithilfe der partiellen Thromboplastinzeit (PTT) – auch „activated clotting time“ (ACT) genannt – gesteuert. Als ausreichende Antikoagulation gilt eine PTT von 200s (Rastan und Doll 2003).

Bis heute ist diese systemische Antikoagulation nicht vermeidbar, aber eine Reduktion bis zu 80% wird für möglich gehalten (Meinhardt und Quintel 2002). Im Rahmen von Blutungsereignissen sind Spontanblutungen, die Entstehung eines Hämatothorax mit der Notwendigkeit einer Rethorakotomie bei bis zu 70% kardiochirurgischer Eingriffe sowie Thrombembolien und Thrombosierungen im extrakorporalen Kreislauf (v.a. im Oxygenator – Abbildung 10) zu nennen (Rastan und Doll 2003).



Abb. 10: Thrombosierungen im Oxygenator einer ECMO

Darüber hinaus ist die Entstehung einer Heparin – induzierten Thrombozytopenie (HIT), die bei 2 – 6% der Patienten klinisch bedeutsam wird, nicht zu unterschätzen.

Aufgrund des großflächigen Einsatzes von hämoinkompatiblen Materialien und der mechanischen Traumatisierung des Blutes tritt häufig ein Systemic inflammatory response syndrome (SIRS) auf. Zu einem SIRS kommt es aufgrund der Stimulierung humoraler Kaskaden, der Freisetzung und Aktivierung zellulärer Prozesse. Ein ECMO – Einsatz bei Postkardiotomie – Patienten geht in nahezu 100% mit einem SIRS einher (Rastan und Doll 2003, ELSO – Register 2002).

Auch eine mangelnde Mobilisierung des Patienten und eine limitierte Möglichkeit der Dekompression des linken Ventrikels bei schlechter Herzfunktion ist im Zusammenhang mit der ECMO – Anwendung zu nennen (Magliato et al. 2003, Bowen et al. 2001, Pagani et al. 1999, Pagani et al. 2001, Bavaria et al. 1988, Bavaria et al. 1990, Ratcliffe et al. 1991, Seo et al. 1991). Basierend auf der Kanülierung in der Femoralarterie werden bei 12,2% der Krankenhausüberlebenden nach ECMO – Behandlung Spätkomplikationen in Form von späten Gefäßkomplikationen beschrieben (Zimpfer et al. 2006). Aber auch bei Kanülierungen anderer Lokalisationen, wie in Jena dokumentiert (Abbildung 11), können Komplikationen auftreten.



Abb. 11: Komplikation nach axillärer Kanülierung einer ECMO



### **3 Ziele der Arbeit**

Die Vielzahl schwerwiegender Komplikationen, mit denen eine ECMO – Therapie vergesellschaftet sein kann, wurde bereits geschildert.

Basierend auf dieser Tatsache fällten verschiedene Autoren – aufgrund ihrer persönlichen Erfahrung – ein vernichtendes Urteil über den Einsatz der ECMO beim Erwachsenen (Zapol et al. 1979, Morris et al. 1994). Andere Publikationen beschrieben den Einsatz einer ECMO mit besseren Ergebnissen und konnten einen ECMO – Einsatz befürworten (Doll et al. 2004, Saito et al. 2007).

Im Fokus dieser retrospektiven Analyse steht der ECMO – Einsatz bei Erwachsenen mit vorausgegangener Herzoperation. Hierfür wurden alle Patienten, die einen kardiochirurgischen Eingriff und einen Einsatz einer ECMO an der Klinik für Herz – und Thoraxchirurgie der FSU Jena im Zeitraum vom 01.November 1999 bis 31.Dezember 2006 erhalten hatten, retrospektiv betrachtet.

Es erfolgte eine Darstellung der Vorerkrankungen, die kardiochirurgischen Eingriffe, der Indikationen für eine ECMO – Therapie und deren Implantationstechnik.

Von welchen Faktoren sind die Entwöhnung von der ECMO, die Mortalität und das Überleben der Patienten abhängig?

Sollte bei Patienten mit hohem Lebensalter auf eine ECMO verzichtet werden?

Ist der zusätzliche Einsatz einer IABP sinnvoll?

Sind die Erfahrungen mit der ECMO beim Postkardiotomie – Syndrom in Jena mit der internationalen Literatur vergleichbar?

Des Weiteren soll die Aufmerksamkeit auf die überlebenden Patienten gerichtet werden, die persönlich zu ihrer Lebensqualität und dem aktuellen gesundheitlichen Zustand befragt wurden. Denn Ziel einer jeden Therapie ist nicht das bloße Überleben, sondern die Lebensqualität, die ein Patient erreicht und die körperliche Belastbarkeit. Kann nach einer ECMO – Therapie eine körperliche Belastbarkeit erlangt werden?

Ein weiterer Aspekt dieser Arbeit beleuchtet den finanziellen Aufwand einer ECMO. Was kostet ein ECMO – Einsatz pro Postkardiotomie – Patient in unserer Einrichtung?

Entscheidend ist die Frage, ob eine ECMO bei Patienten mit vorausgegangener Herzoperation sinnvoll ist.

## **4 Patienten, Material und Methode**

### **4.1 Datenerfassung und – verarbeitung**

Es handelt sich um eine retrospektive Analyse 71 konsekutiver Patienten, die vom 01. November 1999 bis 31. Dezember 2006 in der Klinik für Herz – und Thoraxchirurgie Jena eine ECMO – Therapie nach einem herzchirurgischen Eingriff erhalten haben. Die verwendeten Patientendaten entstammen den Krankenakten und der elektronischen Datensystemen der Friedrich – Schiller – Universität Jena (COPRA, SAP). Diese Daten wurden prospektiv und lückenlos erfasst (elektronisches OP – Buch).

Angaben Überlebender wurden mithilfe der Patientenakten oder durch persönliche Kontaktaufnahme mit den Patienten, deren Hausärzten und den weiterbehandelnden Einrichtungen (Rehabilitationseinrichtungen, andere Kliniken) gewonnen.

Die überlebenden Patienten wurden telefonisch kontaktiert und mittels HADS – D (Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version) und dem Short – Form (SF) – 12 Health Survey befragt. Die beiden Fragebögen sind im Anhang einsehbar.

Ferner wurden die Patienten gebeten, ihre Lebensqualität (quality of life, QoL) anhand der Schulnoten von 1 bis 6 einzustufen. Hierbei entsprach die Note 1 einer sehr guten, die Note 2 einer guten, die Note 3 einer befriedigenden, die Note 4 einer ausreichenden, die Note 5 einer mangelhaften und die Note 6 einer ungenügenden Lebensqualität.

Der HADS – D – Fragebogen dient der Erfassung von Angst und Depressivität bei Patienten mit körperlichen Erkrankungen. Dieses Verfahren dient dem Screening und der Verlaufsbeurteilung. Es werden je sieben alternierende Fragen zur Angst und Depressivität gestellt. Den Antworten werden Punktwerte zugeordnet, aus denen sich ein Summenwert bilden lässt. Anhand der Subskalenwerte kann ein Cutoff – Wert zur Einschätzung der Angst und Depressivität empfohlen werden. Hierdurch kann abgeschätzt werden, ob der Patient unauffällig ( $\leq 7$ ), suspekt (8-10) oder auffällig ( $> 10$ ) ist (Herrmann et al. 1995).

Bei dem SF – 12 handelt es sich um einen Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Er stellt eine Kurzfassung des SF – 36 dar. Hier werden anstelle von 36 lediglich 12 Fragen gestellt. In der Vergangenheit konnte gezeigt werden, dass sich die Ergebnisse beider Fragebögen (SF – 12 und SF – 36) nicht unterscheiden und der SF – 12 eine kürzere Bearbeitungszeit und somit eine geringere Anstrengung für den Patienten darstellt (Bullinger und Kirchberger 1998). Es werden zwei Summenskalen aus den Fragen gebildet: eine körperliche und eine psychische Summenskala.

Einfluss auf die körperliche Summenskala nehmen die körperliche Funktionsfähigkeit, die körperliche Rollenfunktion, Schmerz und allgemeine Gesundheitswahrnehmung.

Die psychische Summenskala setzt sich aus der Vitalität, der sozialen Funktionsfähigkeit, der emotionalen Rollenfunktion und dem psychischen Wohlbefinden zusammen.

Die ermittelten Summenskalenwerte werden anhand der deutschen Normstichprobe standardisiert und können somit mit diesen verglichen werden (Bullinger und Kirchberger 1998).

Die Verarbeitung der Daten, die mit Hilfe der Fragebögen ermittelt wurden, fand mittels Statistikprogramm SPSS statt.

Angaben zu den Kosten eines ECMO – Einsatzes (Materialkosten, Personalkosten) wurden unter Zuhilfenahme der Daten der Kardiotechnik und des Medizin – Controllings der FSU Jena ermittelt.

#### **4.2 Patientendaten und - gruppierung**

Alle Patienten, die vom 01.11.1999 bis zum 31.12.2006 eine ECMO – Therapie infolge eines kardiochirurgischen Primäreingriffs in der Klinik für Herz – und Thoraxchirurgie Jena erhielten, wurden in diese Untersuchung aufgenommen. Ausschlusskriterien bestanden nicht. Insgesamt wurden 71 konsekutive Patienten mit Implantation einer ECMO eingeschlossen.

#### **4.2.1 Anzahl, Alter, Geschlecht**

Die Patienten (n=71) haben ein durchschnittliches Alter von  $64,03 \pm 9,3$  Jahren. Die weiblichen Patienten (n=23, 32,4 %) – die etwa ein Drittel der Patientengruppe darstellen – sind im Vergleich zu den männlichen Patienten (n=48, 67,6 %) im Durchschnitt gleich alt ( $64,5 \pm 4,2$  Jahre vs.  $64 \pm 9,4$  Jahre).

#### **4.2.2 Grund – und Begleiterkrankungen**

Eine KHK ist eine Erkrankung, die komplikationsbehaftet ist und in den Industrieländern die häufigste Todesursache darstellt. Aufgrund einer KHK entsteht eine kritische Minderperfusion des Myokards, woraus Herzrhythmusstörungen, Myokardinfarkte und eine Linksherzinsuffizienz resultieren können (Herold 2005). Auch bei der untersuchten Patientengruppe war eine KHK vorhanden (n=52; 73,3%). Als einflussreiche Risikofaktoren für eine KHK, die auch in der untersuchten Patientengruppe vorlagen, gelten die Anwesenheit eines arteriellen Hypertonus (n=47, 66,2%), eine Hyperlipidämie (n=27, 38%), ein Diabetes mellitus (n=21, 29,6%) mit den vergesellschafteten Komplikationen der chronischen Niereninsuffizienz (CNI) (n=46, 64,8%), der peripheren Arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK) (n=13, 18,3%) und einer Adipositas (BMI  $28,3 \pm 4,2$ ).

Zur Einschätzung einer Adipositas dient der Body – Mass – Index (BMI), wobei ein BMI über 25 hier – ungeachtet des Patientengeschlechts – als Adipositas angesehen wird.

Wie der BMI berechnet wird und weitere Angaben sind dem Anhang zu entnehmen.

Das Vorliegen eines AMI als Folge einer KHK ist in der Mehrzahl der untersuchten Fälle zu konstatieren (n=37, 52,1%).

Auch eine chirurgische Voroperation (n=17, 24%) kann Einfluss auf zukünftige kardiale Probleme nehmen.

Ein wichtiger Indikator, um das individuelle Risiko eines kardiochirurgischen Patienten abzuschätzen, ist der EuroSCORE. Dieser lag bei den betrachteten Patienten bei  $11,5 \pm 4,8$ .

Im Anhang befinden sich genaue Informationen, welche Faktoren auf den EuroSCORE Einfluss nehmen und wie hoch die einzelnen Risikofaktoren gewichtet werden müssen.

Die genannten Faktoren wurden bei dem betrachteten Patientenkollektiv ermittelt und in der Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Patientendemographie

	<b>Postkardiotomie</b>
Anzahl (n)	71
Alter (in Jahren)	64,03 ± 9,33
männlich	48 (67,6%)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28,3 ± 4,2
AMI	37 (52,1%)
KHK	52 (73,3%)
arterielle Hypertonie	47 (66,2%)
Diabetes mellitus	21 (29,6%)
CNI	46 (64,8%)
Hyperlipidämie	27 (38,0%)
pAVK	13 (18,3%)
Voroperationen	17 (24,0%)
EuroSCORE	11,5 ± 4,8

#### 4.2.3 Kardiochirurgische Eingriffe

Die kardiochirurgischen Eingriffe vor dem ECMO – Einsatz umfassten Koronarrevaskularisation (n=42), Koronarrevaskularisation mit Aortenklappenersatz (n=7), orthotope Herztransplantationen (n=5), Aortenklappenersatz (n=4), Mitralklappenersatz (n=2), Verschluss eines Vorhofseptumdefektes (n=1), ein Aortenklappen – und Mitralklappenersatz (n=1), Koronarrevaskularisation mit Mitralklappenersatz (n=1), Koronarrevaskularisation mit Mitralklappenersatz und Aneurysmaresektion (n=1), Koronarrevaskularisation mit Trikuspidalklappenersatz (n=1), Aortendissektion (n=2), Composite – Ersatz bei Vorliegen eines Aneurysmas (n=1), Koronarrevaskularisation mit Thymusresektion (n=1), Koronarrevaskularisation mit Trikuspidalklappenersatz

und Verschluss eines offenen Foramen ovale ( $n=1$ ) und Rethorakotomie nach Tumormassenreduktion – auch debulking genannt – des Vorhofes und Herztransplantation ( $n=1$ ).

Zur anschaulicheren Darstellung (Abbildung 12) der kardiochirurgischen Eingriffe wurden die Indikationen zu fünf Gruppen zusammengefügt.

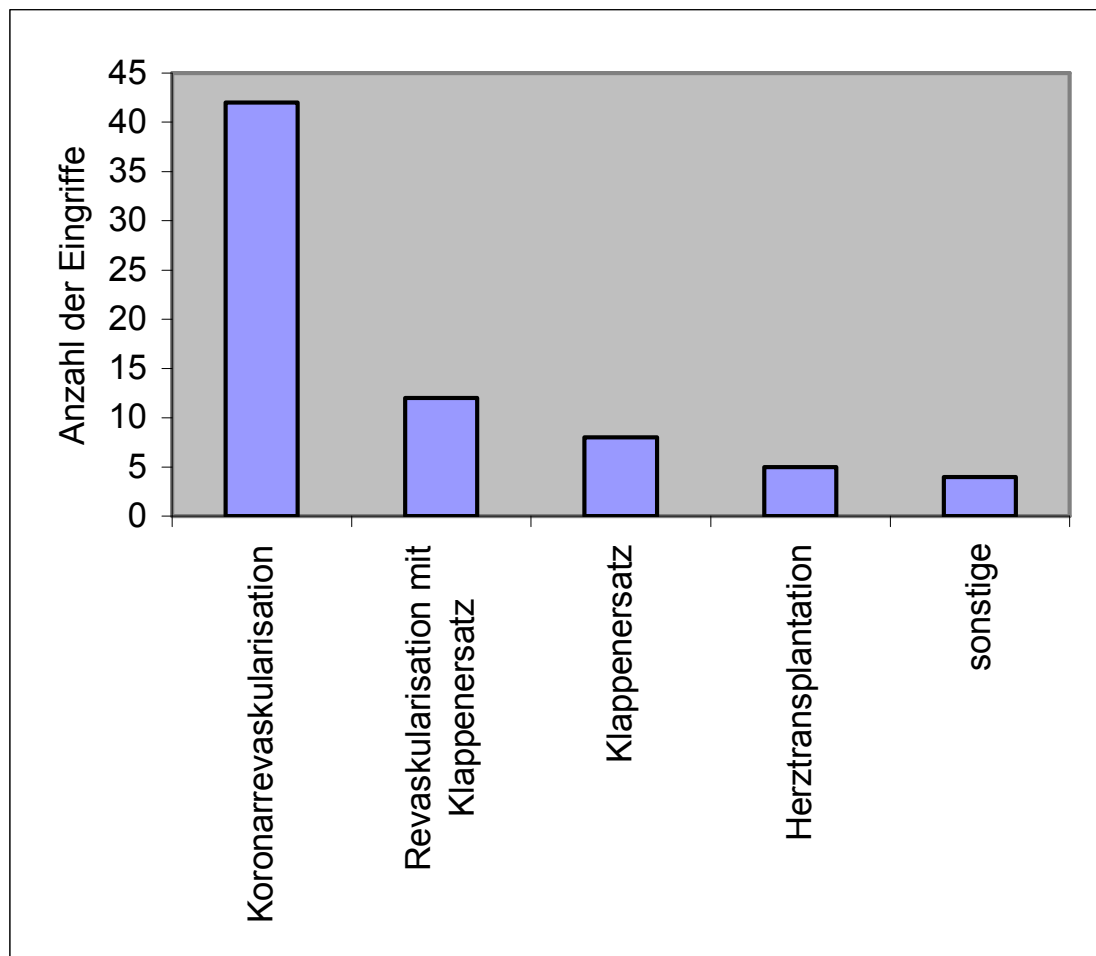


Abb. 12: Kardiochirurgische Eingriffe

Die Koronarrevaskularisation ( $n=42$ ) stellt die Majorität der kardiochirurgischen Eingriffe mit nachfolgender ECMO – Implantation dar.

Die zweithäufigste Gruppe „Koronarrevaskularisation mit Klappenersatz“ schließt die Patienten ein, die eine Koronarrevaskularisation und einen Klappenersatz hatten ( $n=12$ ).

Die Eingriffe mit Klappenersatz ( $n=8$ ), die in der Häufigkeit an dritter Stelle stehen, setzen sich aus Aortenklappenersatz ( $n=4$ ), Mitralklappenersatz ( $n=2$ )

und Aorten – und Mitralklappenersatz (n=1) und einem Composite – Ersatz bei einem Aneurysma der Aorta ascendens und des Aortenbogens, dass die Klappenebene mit einschloss, (n=1) zusammen.

Nach einer orthotopen Herztransplantation erhielten fünf Patienten eine ECMO (n=5). Eine kleine Minorität, die als sonstige Indikation (n=4) bezeichnet wird, umfasst:

- Aortendissektion (n=2)
- Verschluss eines Vorhofseptumdefektes (n=1)
- Rethorakotomie nach Tumormassenreduktion des Vorhofes und Herztransplantation (n=1).

Im Rahmen der oben genannten Eingriffe oder im postoperativen Verlauf kam es zu einem postoperativen, akuten myokardialen Pumpversagen, der Unmöglichkeit der Entwöhnung von der HLM und zu einem isoliertem rechtsventrikulären oder biventrikulären Herzversagen, sodass eine ECMO – Implantation indiziert war. Hierbei betrug die durchschnittliche Laufzeit der ECMO  $46,5 \pm 46,5$  Stunden (von 0 bis 182 Stunden).

Aufgrund einer oft schlechten Prognose und der fast aussichtslosen Möglichkeit, Patienten vor dem Tod zu bewahren, stand der Operateur vor der schwierigen Entscheidung, ob eine ECMO – Implantation indiziert ist. Die Entscheidung zugunsten des ECMO – Einsatzes wurde mehrfach in der verzweifelten Situation während einer Reanimation – und dann oft als ultima ratio – getroffen.

Eine Implantation der ECMO nach einem intraoperativen Einsatz und der Unmöglichkeit der Entwöhnung von einer HLM erfolgte bei 29 Patienten (n=29, 40,8%).

Die Majorität erhielt die ECMO aufgrund eines postoperativen Low – output – Syndroms (n=39, 55%). Diese Implantation erfolgte  $8 \pm 18,4$  Tage nach der Herzoperation (von 1 bis 75 Tage).

Bei drei Patienten (n=3, 4,2%) erfolgte eine ECMO – Implantation vor der chirurgischen Intervention, wobei bei 2 Patienten eine erfolgreiche Entwöhnung



am Operationstag möglich war. Der dritte Patient benötigte die ECMO weitere sieben Tage.

#### 4.2.4 ECMO – Implantation

Die Kanülierungsmöglichkeiten einer ECMO wurden im vorangehenden Kapitel 2.3.1 bereits dargestellt.

Bei den hier untersuchten Patienten wurden folgende Kanülierungsformen gewählt:

- veno – arterielle Kanülierungen bei 70 Patienten (n=70, 98,6%) und
- eine veno – venöse Kanülierung bei einem Patienten (n=1, 1,4%).

Die folgende Abbildung (Abb. 13) skizziert die Häufigkeiten der Kanülierungen.

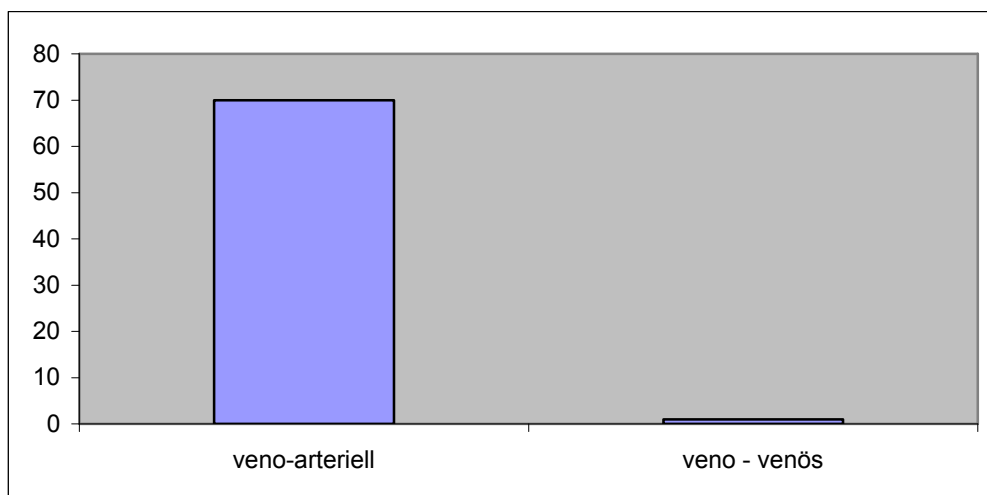


Abb. 13: Kanülierungsformen der ECMO

Kanülierungslokalisationen zur Implantation der ECMO waren femorale (n=43, 60,6%), thorakale (n=26, 36,6%) – wobei bei einem Patienten ein Wechsel von thorakaler hin zu einer femoralen Kanülierung stattfand – und axilläre (n=2, 2,8%) Kanülierungen (Abbildung 14).

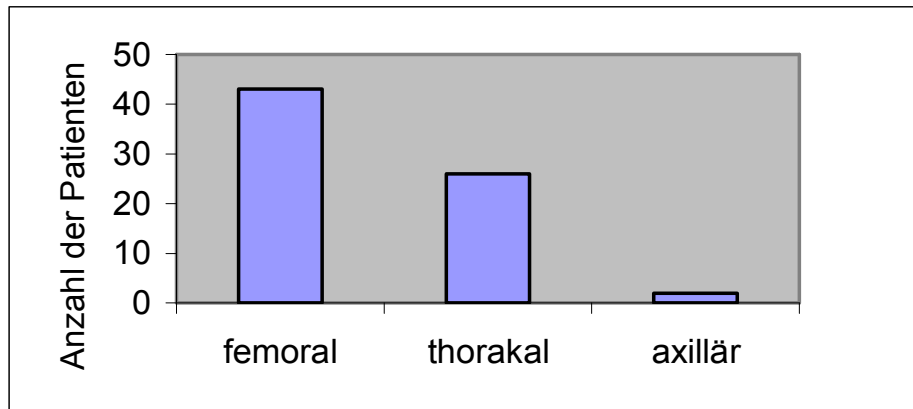


Abb. 14: Kanülierungslokalisationen der ECMO

Um eine Blutzufuhr der Extremität auch nach Kanülierung der Femoralgefäße zu gewährleisten, wurde zusätzlich nach der arteriellen Kanülierung der Leiste eine antegrade Perfusionskanüle (6F) eingelegt.

Die Mehrzahl der ECMO – Implantationen wurde im Operationssaal durchgeführt (n=42, 59,2%), – dies wird in der Abbildung 15 visualisiert – während auf der Intensivstation (n=28, 39,4%) und im Herzkatheterlabor (n=1, 1,4%) die Minderheit der Patienten eine ECMO erhielt.

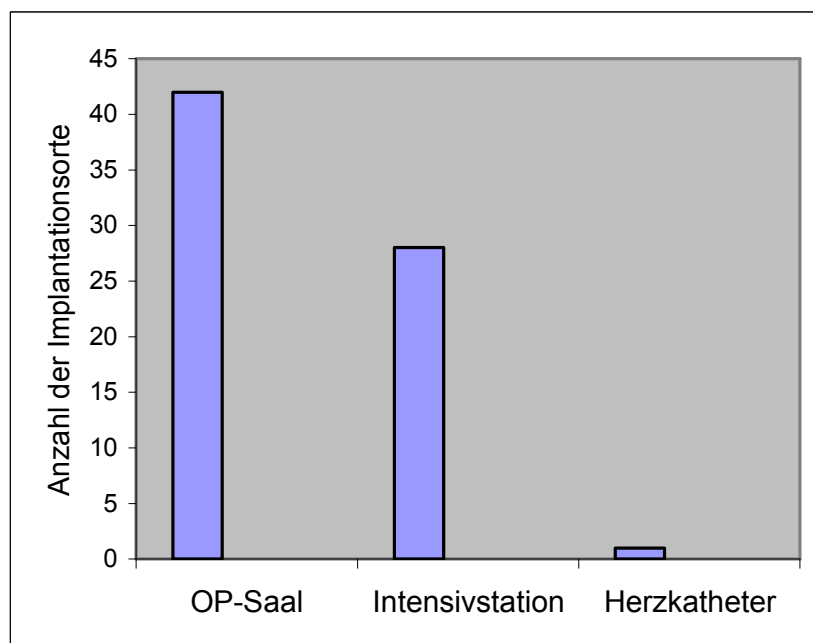


Abb. 15: Implantationsorte der ECMO

#### **4.2.5 IABP – Implantation**

Zusätzlich zur ECMO erhielten die meisten Postkardiotomie – Patienten (n=60, 84,5%) eine zusätzliche Unterstützung in Form einer IABP.

Bei den 11 Patienten, die keine IABP erhalten hatten, handelte es sich um kritisch Kranke, die unter instabilen Kreislaufverhältnissen/ während Reanimationsbedingungen eine ECMO erhalten hatten. Die Mehrzahl dieser Patienten konnte auch unter einer ECMO nicht mehr stabilisiert werden und verstarb noch im Operationssaal (n=10, 90,9%).

Die Todesursachen dieser Patienten umfassten:

- Multiorganversagen (n=5)
- kardiogener Schock/low – output – Syndrom (n=5).

Der Patient ohne IABP konnte primär erfolgreich von der ECMO entwöhnt, aber nicht aus dem Krankenhaus entlassen werden. Bei diesem Patienten wurde aufgrund eines hypoxischen Hirnschadens bei Zustand nach Hirn – und Vorderwandinfarkt die Therapie limitiert.

#### **4.3 Statistische Auswertung**

Diese retrospektive Analyse und Auswertung der Daten, die anhand der Krankenakten gewonnen werden konnten, erfolgte mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms EXCEL 2003 für Windows. Hiermit konnten die Daten verarbeitet und prozentuale Werte ermittelt werden.

Zur Prüfung signifikanter Unterschiede wurde der Chi – Quadrat – Test nach Pearson verwendet. Dieser diente zur Ermittlung des Zusammenhangs intervallskalierter Merkmale.

Für die Auswertung der Fragebögen wurde, aufgrund der kleinen Patientengruppe die befragt werden konnte, auf das nichtparametrische Verfahren des U – Tests nach Mann – Whitney zurückgegriffen. Dieser liefert grundsätzlich keine anderen Ergebnisse als der t – Test für unabhängige und abhängige Stichproben, ist aber bei fehlender Normalverteilung das korrekte Verfahren.

Das Signifikanzniveau wurde mit  $p < 0,05$  definiert. Alle Angaben werden als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung dargestellt.

## **5 Ergebnisse**

### **5.1 Entwöhnung von der ECMO**

Ist mithilfe der ECMO eine Stabilisierung der Herzfunktion möglich und hatte das Herz hinreichend Zeit zur Erholung, kann mit der Entwöhnung von der ECMO begonnen werden.

Die Entwöhnung von einer maschinellen Unterstützung stellt einen wichtigen Punkt zur Einschätzung eines Therapieerfolges dar.

Hierbei wird zunächst – nach Etablierung der ECMO – eine hohe extrakorporale Blutflussrate eingesetzt. Eine vollständige Entlastung von Herz und Lunge kann durch Reduktion der Katecholamin – und Beatmungstherapie werden.

Ein Versuch der Entwöhnung von der ECMO kann unternommen werden, wenn folgende Parameter erreicht werden: ein Anstieg der gemischtvenösen Sättigung, eine Zunahme der Blutdruckamplitude und eine Verbesserung der Pumpfunktion des Herzens, die echokardiographisch überwacht wird.

Eine Reduktion des Pumpvolumens sollte unter Beobachtung des linksatrialen Füllungsdrucks und der Kontraktilität erfolgen. Hierbei ist eine effektive transpulmonale Oxygenierung zu gewährleisten, da bei einer Kanülenposition in der Aorta ascendens die Koronardurchblutung frühzeitig vom Auswurf des Blutes des linken Ventrikels erfolgt. Ein erster Abklemmversuch ist indiziert, wenn bei einem Bypassfluss von 20% die hämodynamische Situation stabil bleibt (Rastan und Doll 2003).

Von den 71 Patienten konnten primär 26 Patienten entwöhnt werden (n=26, 36,6%). Die entwöhnte Patientengruppe wird in der Abbildung 16 von den beiden oberen Balken (hell und violett) symbolisiert.

Bei der Majorität der Patienten (n=45, 63,4%) musste die ECMO schließlich abgestellt werden, ohne dass das Herz seine Pumpfunktion wieder übernehmen konnte (blauer Balken in Abbildung 16).

Der mittlere, violette Teil des Balkens veranschaulicht den Patientenanteil, der entwöhnt, aber nicht entlassen werden konnte (n=19, 26,8%).

Der Abbildung 16 kann entnommen werden, dass nur ein geringer Anteil der Patienten – dargestellt als oberer, heller Balken – nach erfolgreicher Entwöhnung entlassen werden konnte (n=7, 9,9%).

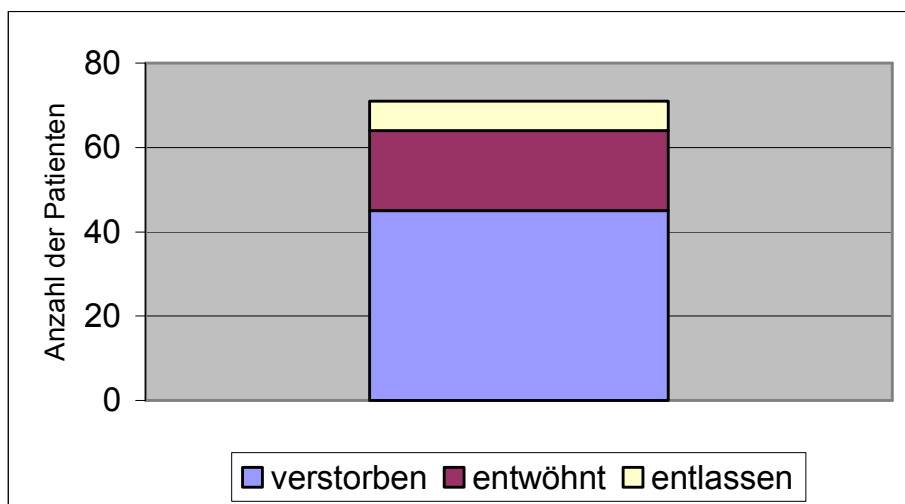


Abb.16: Übersicht der verstorbenen, entwöhnten und entlassenen Patienten

Als mögliche Einflussfaktoren auf eine erfolgreiche Entwöhnung von der ECMO wurden untersucht: das Alter, das Geschlecht, der BMI, die Grund – und Begleiterkrankungen wie das Vorhandensein einer KHK, eine arterielle Hypertonie, ein AMI, eine CNI, eine Hyperlipidämie, eine pAVK, ein Diabetes mellitus, kardiochirurgische Voroperationen, die Verwendung einer IABP und der EuroSCORE.

Ein signifikanter Zusammenhang, welcher mithilfe des Chi – quadrat – Testes gesucht wurde, zwischen dem Alter und einem erfolgreichen Entwöhnen von der ECMO besteht nicht. Die Entwöhnung war unabhängig davon, ob die Patienten unter oder über 65 Jahre alt waren.

Ein Einfluss des Geschlechtes auf die Entwöhnung ist hier nicht vorhanden. Ebenfalls war die Entwöhnung unabhängig vom BMI, obwohl ein Großteil der Patienten (n=45) einen BMI über 25 hatte und nicht entwöhnt werden konnte. Dennoch ist keine Signifikanz anhand des Chi – quadrat – Testes nachweisbar. Bei Betrachtung der Grunderkrankungen ist in der Patientengruppe keine Signifikanz zwischen dem Vorhandensein einer KHK und einem erfolgreichen Entwöhnen festzustellen.

Allerdings kann eine Signifikanz ( $p < 0,01$ ) bei dem Vorhandensein eines AMI mit Einfluss auf das Entwöhnen verzeichnet werden. So ist trotz eines AMI eine Entwöhnung bei 25,4% (n=18) möglich.

Keinen Einfluss hatten ein arterieller Hypertonus, eine CNI, Diabetes mellitus, eine Hyperlipidämie, eine pAVK, eine kardiochirurgische Voroperation oder ein hoher EuroSCORE.

Eine Signifikanz ist in Bezug zur IABP zu finden. Fast alle Patienten, die erfolgreich von der ECMO entwöhnt wurden (n=25, 96,2%), hatten eine zusätzliche Unterstützung mittels IABP(p<0,01).

Zusammenfassend war ein beeinflussender Faktor für ein erfolgreiches Entwöhnen von der ECMO der zusätzliche Einsatz einer IABP. Des Weiteren ist festzuhalten, dass trotz des Vorhandenseins eines AMI bei den betroffenen Patienten eine Entwöhnung möglich war.

## **5.2 Hospitalverweildauer**

Die Hospitalverweildauer der Patienten betrug  $278,4 \pm 328,8$  Stunden, wobei die Laufzeit der ECMO im Mittel bei  $46,5 \pm 46,5$  Stunden lag (von 0 bis 182 Stunden). Anzumerken ist hierbei, dass bei einigen Patienten, bei der die ECMO meist erst als ultima ratio zum Einsatz kam, kardial nicht mehr stabilisiert werden konnten und somit der ECMO – Einsatz beendet wurde.

Keinen Einfluss auf die Verweildauer hatten das Alter, das Geschlecht und der BMI. Eine KHK, ein AMI, ein arterieller Hypertonus, eine pAVK, ein Diabetes mellitus, eine CNI und eine Hyperlipidämie führten nicht zur Verlängerung der Krankenhausbauer. Auch die Verwendung einer IABP führt nicht zu einer Verlängerung oder Verkürzung der Hospitalverweildauer.

Aufgrund einer erhöhten Blutungsneigung unter einer Antikoagulation ging der ECMO – Einsatz (n=25, 35,2%) mit Blutungskomplikationen einher. Hierbei waren Rethorakotomien zur Hämatomausräumung (n=20, 28,2%) indiziert. Außerdem kam es zur Ausbildung von Hämatomen oder Nachblutungen in der Leiste (n=5, 7%). Basierend auf einer femoralen Kanülierung ist, wie bereits beschrieben, mit Ischämien, Blutungen, Hämatombildungen und der Ausbildung eines Kompartment – Syndroms (n=5, 7%) zu rechnen.

Die gerade beschriebenen Komplikationen mit ihren Häufigkeiten wurden mithilfe der Abbildung 17 bildhaft dargestellt, wobei die Blutungskomplikationen getrennt als Rethorakotomie und Leistenblutungen abgebildet werden.

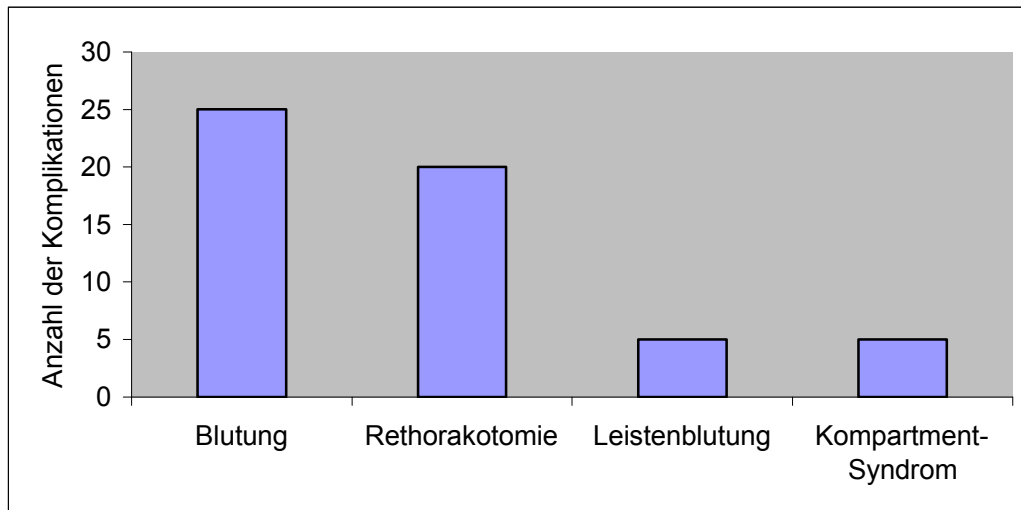


Abb. 17: Komplikationen bei ECMO – Implantation

Bei den Folgeeingriffen, die bei 32 Patienten (n=32, 45%) erforderlich waren, handelte es sich um:

- eine Rethorakotomie zur Hämatomausräumung und Blutstillung (n=19)
- eine Rethorakotomie und Implantation eines rechtsventrikulären Unterstützungssystems (n=1),
- die Implantation eines biventrikulären Assistsystems (n=4),
- eine Koronararterienrevision mit Schrittmacherimplantation und Sternotomie bei Mediastinitis (n=1) sowie Unterschenkelamputation nach schwerer femoraler Nachblutung,
- die Implantation eines VVI – Schrittmachers bei AV-Block III. Grades (n=1),
- eine Laparotomie mit Dünndarmresektion bei Darmischämie (n=1) und
- eine Fasziotomie bei Kompartment – Syndrom (n=5).

### **5.3 Hospitalsterblichkeit**

Die Majorität (n=45, 63,4%) der Patienten konnte nicht erfolgreich entwöhnt werden oder die ECMO – Therapie musste aufgrund eines irreversiblen

Kreislaufversagens beendet werden. Auch nach erfolgreicher Entwöhnung von der ECMO verstarben Patienten im Krankenhaus (n=19, 26,8%). Die Hospitalsterblichkeit beträgt bei der hier untersuchten Population 90,1 % (n=64).

Die einzelnen Todesursachen umfassten:

- kardiogener Schock/Kreislaufversagen bei 42 Patienten (59,2%)
- Sepsis/Multiorganversagen bei 21 Patienten (29,6%) und
- Lungenembolie bei einem Patienten (1,4%).

Eine graphische Darstellung der Todesursachen bietet Abbildung 18.

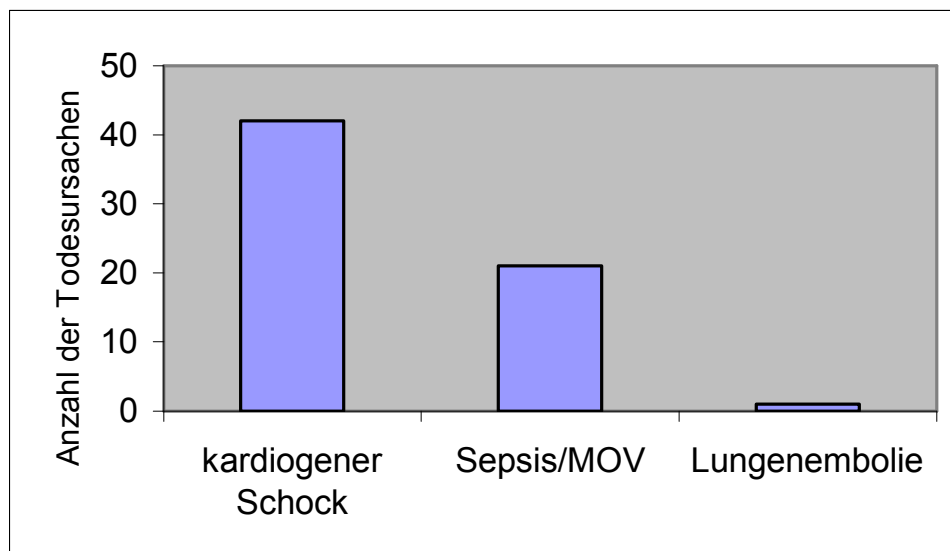


Abb. 18: Häufigkeit der einzelnen Todesursachen

Aus dem Krankenhaus entlassen werden konnten lediglich 9,9% (n=7). Signifikante Einflussfaktoren auf die Mortalität waren die Anwesenheit eines AMI ( $p < 0,001$ ) und das Vorhandensein einer KHK ( $p < 0,05$ ). Das Vorhandensein einer CNI (n=42; 59,2%) geht mit einer höheren Mortalität einher ( $p < 0,01$ ).

Keinen Einfluss auf die Sterblichkeit hat das Alter, das Geschlecht, der BMI oder die Verwendung einer IABP in der untersuchten Gruppe. Ohne Einfluss waren auch folgende Vorerkrankungen wie ein arterieller Hypertonus, ein Diabetes mellitus, eine Hyperlipidämie und eine pAVK. Der EuroSCORE und



kardiochirurgischen Voroperationen hatten auf die Sterblichkeit der untersuchten Patientenpopulation keinen Einfluss.

#### **5.4 Nachbeobachtung**

Die Gruppe Langzeitüberlebender (n=7, 9,9%; männlich : weiblich = 6:1) hatte ein mittleres Alter von  $62,7 \pm 4,6$  Jahren. Die Betragung der überlebenden Patienten erfolgte nach  $23,3 \pm 24,8$  Monaten ( $718,7 \pm 756,6$  Tagen).

Auch bei den Langzeitüberlebenden sollen die Grund – und Begleiterkrankungen dargestellt werden.

Der Tabelle 3 kann entnommen werden, dass die Überlebenden jünger als die Verstorbenen waren ( $62,7 \pm 4,6$  vs.  $64 \pm 9,7$  Jahre). Außerdem waren die Überlebenden überwiegend männlich (85,7% vs. 65,6%) mit einem geringeren BMI ( $27,1 \pm 2,4$  vs.  $28,4 \pm 4,4$ ). Alle Überlebenden hatten einen AMI erlitten (100% vs. 46,9%) und wiesen eine KHK (100% vs. 70,3%) auf.

Eine arterielle Hypertonie (71,4% vs. 65,6%) und ein Diabetes mellitus (42,8% vs. 29,7%) sowie eine Hyperlipidämie (57,1% vs. 35,9%) und eine pAVK (28,6% vs. 17,2%) waren bei den Überlebenden öfter als bei den Verstorbenen vorhanden.

Das Vorhandensein einer CNI (28,6% vs. 68,8%) und kardiochirurgischer Voroperationen (14,3% vs. 25,0%) sind in der Gruppe der Überlebenden seltener. Auch ist der EuroSCORE ( $10 \pm 4$  vs.  $12 \pm 4,9$ ) geringer bei den Überlebenden. Die Laufzeit der ECMO bei den Überlebenden war deutlich länger als bei den Verstorbenen ( $91,8 \pm 46,9$  vs.  $39,5 \pm 40,8$  Stunden). Einfluss darauf hat auch, dass keine Ausschlusskriterien existierten und auch Patienten, die während oder kurz nach der ECMO – Implantation verstorben sind, mit in diese Betrachtung einfließen. Des Weiteren hatten alle Überlebenden eine zusätzliche Unterstützung in Form einer IABP (100% vs. 82,8%).

Tab. 3: Übersicht der Patienten, der Verstorbenen und Überlebenden

	<b>Patienten</b>	<b>Verstorbene</b>	<b>Überlebende</b>
Anzahl (n)	71	64	7
Alter (in Jahren)	64,03 ± 9,33	64 ± 9,7	62,7 ± 4,6
Männlich	48 (67,6%)	42 (65,6%)	6 (85,7%)
BMI	28,3 ± 4,2	28,4 ± 4,4	27,1 ± 2,4
AMI	37 (52,1%)	30 (46,9%)	7 (100%)
KHK	52 (73,3%)	45 (70,3%)	7 (100%)
arterielle Hypertonie	47 (66,2%)	42 (65,6%)	5 (71,4%)
Diabetes mellitus	21 (29,6%)	19 (29,7%)	3 (42,8%)
CNI	46 (64,8%)	44 (68,8%)	2 (28,6%)
Hyperlipidämie	27 (38%)	23 (35,9%)	4 (57,1%)
pAVK	13 (18,3%)	11 (17,2%)	2 (28,6%)
kardiale Voroperationen	17 (24,0%)	16 (25,0%)	1 (14,3%)
EuroSCORE	11,5 ± 4,8	12 ± 4,9	10 ± 4
Laufzeit der ECMO (in h)	46,5 ± 46,6	39,5 ± 40,8	91,8 ± 46,9
IABP	60 (84,5%)	53 (82,8%)	7 (100%)

Eine kardiochirurgische Voroperation ist nur bei einem Patienten festzustellen. Dabei handelte es sich um eine Koronarrevaskularisation mit Schrittmacher-implantation (n=1, 1,4%).

Die Primäroperationen der Überlebenden (n=7, 9,9%) – Abbildung 19 – beinhalteten:

- Koronarrevaskularisation (n=5, 71,4%)
- Koronarrevaskularisation mit Aortenklappenersatz (AKE) (n=1, 14,3%)  
und
- Koronarrevaskularisation mit Mitralklappenersatz (MKE) und Aneurysmaresektion (n=1; 14,3%).

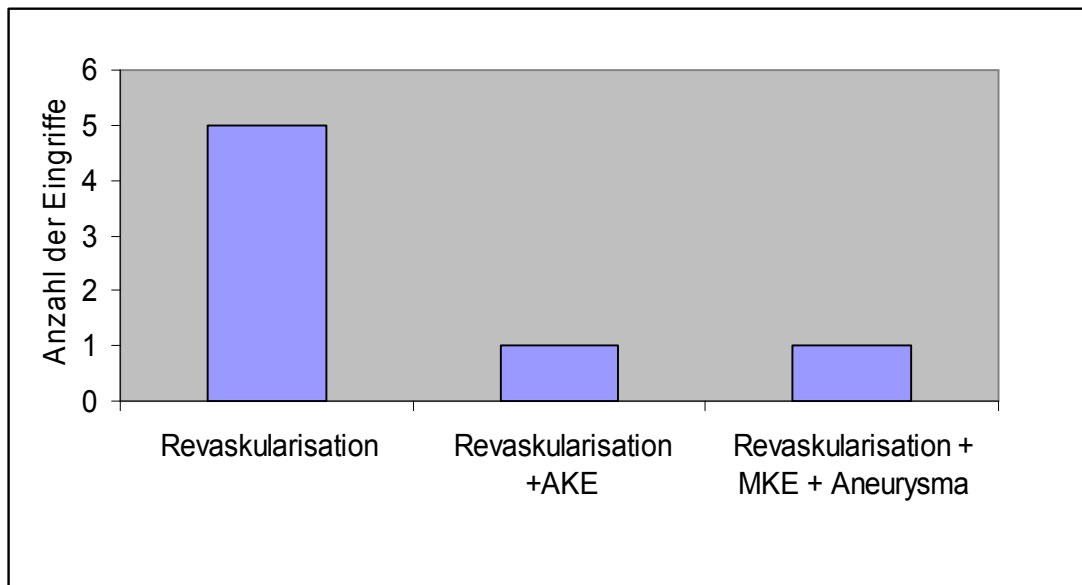


Abb.19: Kardiochirurgische Eingriffe bei Überlebenden

Die ECMO – Kanülierungslokalisationen (Abbildung 20) waren bei den Überlebenden femoral (n=4, 57,1%), thorakal (n=2, 28,6%) und axillär (n=1, 14,3%).

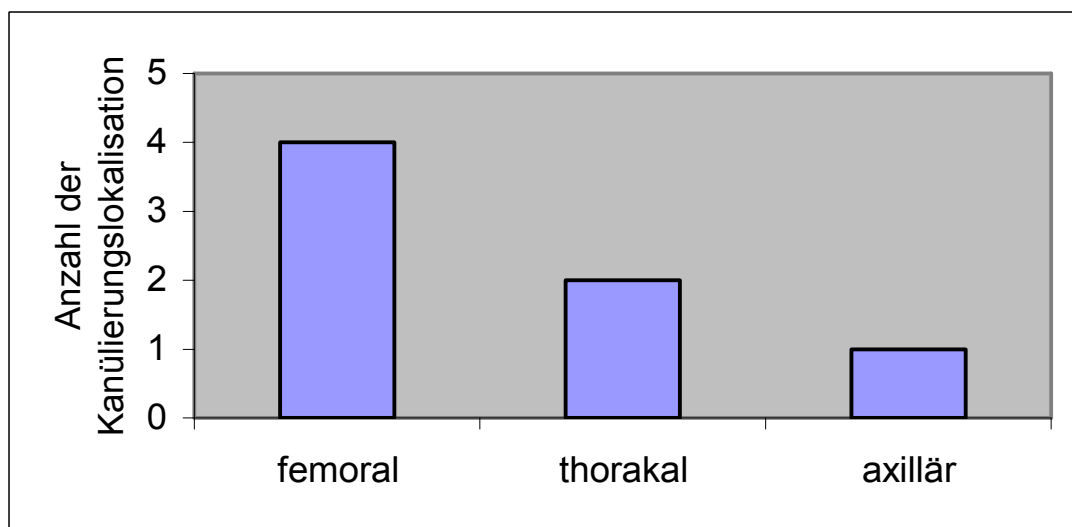


Abb. 20: Kanülierungslokalisationen bei Überlebenden

Kanülierungsformen bei den Überlebenden waren veno – arterielle (n=7, 100%). Aus Abbildung 21 wird ersichtlich, dass die veno – venöse Kanülierung, die im Patientenkollektiv einmal Verwendung fand, nicht bei einem Überlebenden implantiert worden war.

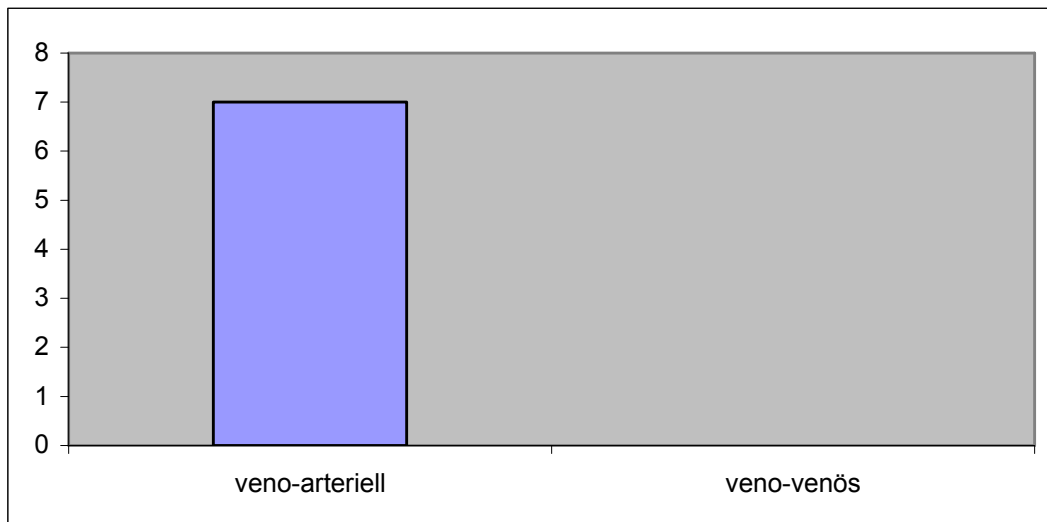


Abb. 21: Kanülierungsformen der Überlebenden

Der Operationssaal war häufiger der Ort der ECMO – Implantation (OP: n=5, 83,4% vs. ITS: n=2, 28,6%).

Folgeeingriffe waren bei einem der sieben Patienten erforderlich (n=1, 14,3%). Hierbei handelte es sich um eine Rethorakotomie zur Hämatomausräumung und eine Unterschenkelamputation.

Der klinische Status, der anhand der NYHA – Klassifikation durch die Hausärzte eingestuft wurde, ist mit einem mittleren NYHA – Stadium von  $2,4 \pm 0,8$  als gut einzuschätzen.

Bei drei der sieben Patienten war eine Wiederaufnahme in ein Krankenhaus notwendig (n=3, 42,9%).

Gründe für eine Wiederaufnahme waren:

- akuter Gefäßverschluss und Ulcus cruris (n=1)
- transitorische ischämische Attacke (TIA) aufgrund eines thrombotischen Ereignisses sowie Schrittmacherimplantation (n=1)
- kardiale Dekompensation bei Z.n. Myokardinfarkt, KHK, kompensierter Niereninsuffizienz und absoluter Arrhythmie bei Vorhofflimmern (n=1).

An einer Befragung konnten sechs der sieben Patienten teilnehmen. Ein Patient war vier Monate nach Entlassung zu Hause verstorben. Der Zeitpunkt der Befragung gilt als Stichtag des Überlebens.

Bei der Selbsteinschätzung der Patienten zu ihrer Lebensqualität ergab die Befragung die Schulnote  $3 \pm 1,1$ . Somit haben unsere Patienten im Mittel eine befriedigende Lebensqualität erreicht.

Die Auswertung der Fragebögen ergab beim SF – 12, dass die Mittelwerte der Patienten im Bereich der körperlichen Summenskala ( $26,8\% \pm 7,25\%$ ) unter denen der Norm ( $44,3\% \pm 9,5\%$ ) lagen. Bei der psychischen Summenskala lagen die Patienten ( $32,9\% \pm 10,25\%$ ) ebenfalls unter der Norm ( $53,35\% \pm 7,5\%$ ).

Beim HADS – D ergab sich, dass sowohl im Bereich Angst als auch im Bereich Depression zwei Patienten als grenzwertig zu betrachten sind.

Somit kann bei den Überlebenden nach ECMO – Therapie von einer adäquaten Lebensqualität – mit mehr oder weniger umfassenden Einschränkungen – ausgegangen werden. Und dies sollte auch den Vorrang vor Erhaltung einer Lebensquantität erhalten.

Abschließend kann konstatiert werden, dass die Überlebenden nach einem ECMO – Einsatz bei dem Postkardiotomie – Syndrom jüngere Männer mit geringerem BMI und ohne CNI waren. Bei dem kardiochirurgischen Eingriff handelte es sich um Koronarrevaskularisationen mit ggf. einem Klappenersatz und singulärer Aneurysmaresektion.

Ein AMI und eine KHK waren häufiger – ebenso ein Diabetes mellitus, eine arterielle Hypertonie, eine Hyperlipidämie und eine pAVK.

Kardiochirurgische Voroperationen waren seltener vorhanden und der EuroSCORE war wesentlich geringer als bei den verstorbenen Patienten. Alle Patienten hatten zusätzliche Unterstützung in Form einer IABP.

### **5.5 Kosten der ECMO**

Die Kosten für eine ECMO sind enorm hoch, sodass an dieser Stelle eine Darstellung der Kosten einer ECMO – Therapie erfolgen soll. Die Anschaffung einer ECMO – Konsole (wie in Abbildung 22 ersichtlich) kostet, je nach Ausstattung, 30.000 bis 50.000 Euro.

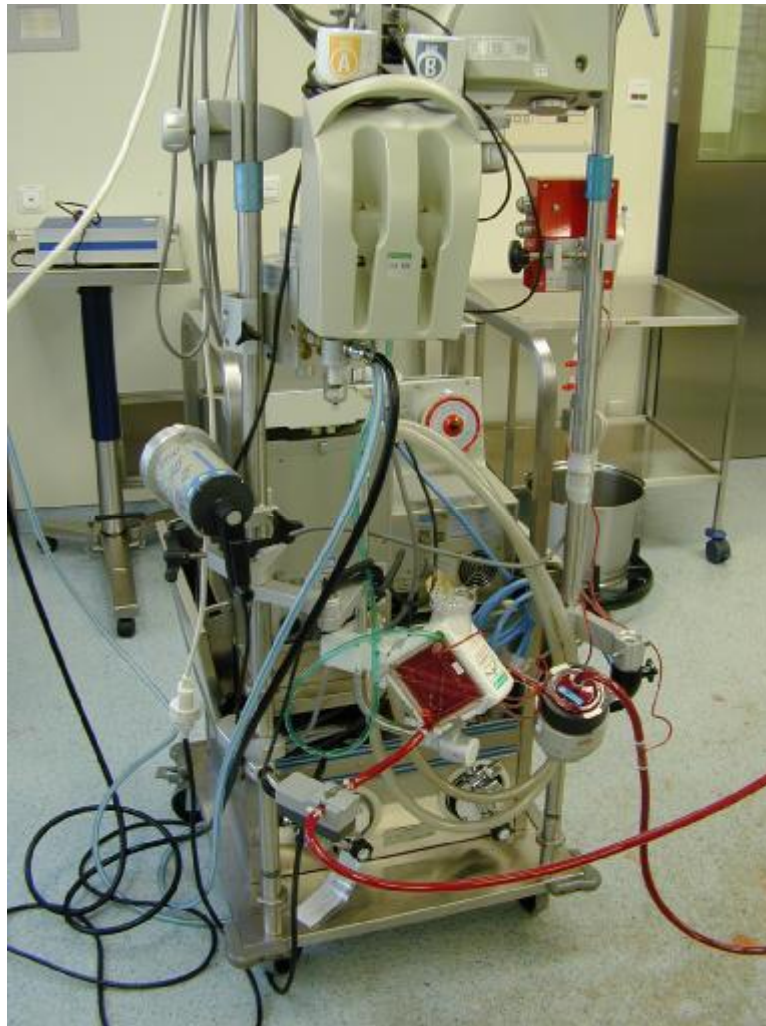


Abb. 22 ECMO – Konsole

Hinzu kommen Wartungskosten von 3.000 Euro pro Jahr. Für einen Oxygenator werden 800 Euro berechnet. Des Weiteren ergeben sich 1.000 Euro pro Einsatz für beschichtete Kanülen, ein Schlauchsystem und eine Pumpe. Zudem ergeben sich Kosten für zwei Chirurgen (à 0,76 Euro pro Minute: ergibt 129,20 Euro für 85 Minuten), einen Anästhesisten (à 0,76 Euro pro Minute: ergibt 64,60 Euro für 85 Minuten), zwei OP – Schwestern (à 0,44 Euro pro Minute ergibt: 74,80 Euro für 85 Minuten), eine Anästhesie – Pflegekraft (à 0,44 Euro pro Minute 37,40 Euro) und einen Kardiotechniker (à 0,76 Euro pro Minute: ergibt bei 600 Minuten: 456 Euro).

Die Pflege des Patienten, die für 2.880 Minuten (= 48 Stunden; Kosten einer Minute = 0,20 Euro) berechnet wurde, beläuft sich auf 576 Euro.

Bei der Annahme, dass für die Patienten, die in den 7 Jahren, von 1999 bis 2006, mit einer ECMO therapiert wurden, und deren Anschaffung mit 40.000 Euro geschätzt wird, ergibt sich für diese 71 Patienten folgende Rechnung:

40.000,00 Euro Anschaffungskosten der ECMO: bei 71 Pat.: 563,38 Euro pro Pat.

21.000,00 Euro Wartung (7 Jahre à 3.000 €): bei 71 Pat.: 295,77 Euro pro Pat.

71.000,00 Euro für Schlauchsysteme, beschichtete Kanülen, Pumpe (71 Pat. à 1000 Euro)

56.800,00 Euro für Oxygenatoren (71 Pat. à 800 Euro)

54.102,00 Euro Personalkosten für die Implantation (87 Pat. à 762 Euro)

39.192,00 Euro Pflegekosten v. Postkardiotomie – Patienten (71 à 552 Euro)

➔ 282.094 Euro Gesamtkosten für 71 Patienten

Der ECMO – Einsatz bei den 71 Patienten hat durchschnittlich 282.094 Euro gekostet. Pro Patient sind das durchschnittlich 3.973,15 Euro.

Zur Berechnung der Pflegekosten der einzelnen Gruppe wurde die durchschnittliche Laufzeit der ECMO verwendet. Diese betrug in der Postkardiotomie – Gruppe  $46,5 \pm 46,5$  Stunden. Die durchschnittliche Pflegezeit von 2.760 Minuten (à 0,20 Euro) ergibt Pflegekosten in Höhe von 552 Euro.

Die exakte Berechnung der Kosten eines ECMO – Einsatzes eines Postkardiotomie – Patienten:

549,77 Euro für ECMO – Anschaffung

241,38 Euro für die Wartung

1.000,00 Euro für Schlauchsysteme, beschichtete Kanülen, Pumpe

800,00 Euro für einen Oxygenator

762,00 Euro Personalkosten für die Implantation

552,00 Euro Pflegekosten

➔ 3.905,15 Euro pro Patient

Somit ergeben sich für einen ECMO – Einsatz bei einem Postkardiotomie – Patienten, der an dieser Untersuchung teilnahm, Kosten in Höhe von 3.905,15 Euro.

## **6 Diskussion**

Die extrakorporale Kreislaufunterstützung ist als ein hochkarätiges, teures und mit vielen Komplikationen behaftetes Verfahren für eine dramatische klinische Situation.

Umso bedeutungsvoller ist es, die Anwendung der ECMO kritisch zu betrachten und aufgrund der gewonnenen Daten das eigene Handeln sorgfältig zu hinterfragen.

Um die Anwendung einer ECMO einschätzen zu können, stehen wichtige Ergebnisse wie die Möglichkeit der Entwöhnung, die Anzahl der entlassenen Patienten, die Komplikationen und damit verbundenen Folgeeingriffe, die Mortalität und die Langzeitüberlebenden mit ihrer Lebensqualität im Fokus der Aufmerksamkeit.

Zur Erkenntnisgewinnung und Evaluierung eines ECMO – Einsatzes wurden bereits verschiedene Studien veröffentlicht. Dabei handelte es sich um prospektiv gesammelte (Magovern und Simpson 1999, Zimpfer et al. 2006, Doll et al. 2004) und retrospektiv ausgewertete Daten ((Muehrcke et al. 1996, Ko et al. 2002).

Bei den betrachteten Patientenkollektiven können Postkardiotomie – Patienten von gemischten Kollektiven unterschieden werden. ECMO – Indikationen bei gemischten Kollektiven beinhalteten ein Postkardiotomie – Syndrom, kardiologische Interventionen bei Hochrisikopatienten, perioperatives, kardiales Transplantatversagen und Notfall – Implantationen bei kardialem Herzversagen im Herzkatheterlabor oder auf der Intensivstation (Magovern und Simpson 1999). Neben dem Postkardiotomie – Syndrom erhielten Patienten in Cleveland, Ohio eine ECMO aufgrund eines akuten Myokardinfarktes, eines ARDS, einer dekompensierten Herzinsuffizienz, Herzstillstand, nach Herz – oder Lungentransplantation, nach Herzkatheterisation, Myokarditis, postpartaler Kardiomyopathie und nach Linksventrikulärektomie (Smedira et al. 2001). Die alleinige Beurteilung des ECMO – Einsatzes beim Postkardiotomie – Syndrom erfolgte durch Magovern et al. 1994, Muehrcke et al. 1996, Fiser et al. 2001, Ko et al. 2001, Smith et al. 2001 und Doll et al. 2002.



Es wird hierbei von kleineren Studienpopulationen mit einer Stärke von 17 Patienten (Smith et al. 2001), 23 Patienten (Muehrcke et al. 1996), 32 Patienten (Zhang et al. 2006), 51 Patienten (Fiser et al. 2001), 55 Postkardiotomie – Patienten (Magovern und Simpson 1999) und 76 Patienten (Ko et al. 2002) bis hin zu einer größeren Gruppierung mit 107 Postkardiotomie – Patienten (Smedira et al. 2001) und 219 Personen berichtet (Doll et al. 2004).

Bei der Betrachtung der Publikationen, die ebenfalls den ECMO – Einsatz beim Postkardiotomie – Syndrom untersuchten, ist zu konstatieren, dass eine deutliche Spannweite im Bereich der Entwöhnung von einer ECMO vorliegt (Abbildung 23). Diese erstreckt sich von 31% (Fiser et al. 2001), 35,2% (Smedira et al. 2001), 39,1% (Muehrcke et al. 1996) über 43,75% (Zhang et al. 2006), 58% (Ko et al. 2002), 61% (Doll et al. 2004) bis zu 65% (Smith et al. 2001) und 65,5% (Magovern und Simpson 1999).

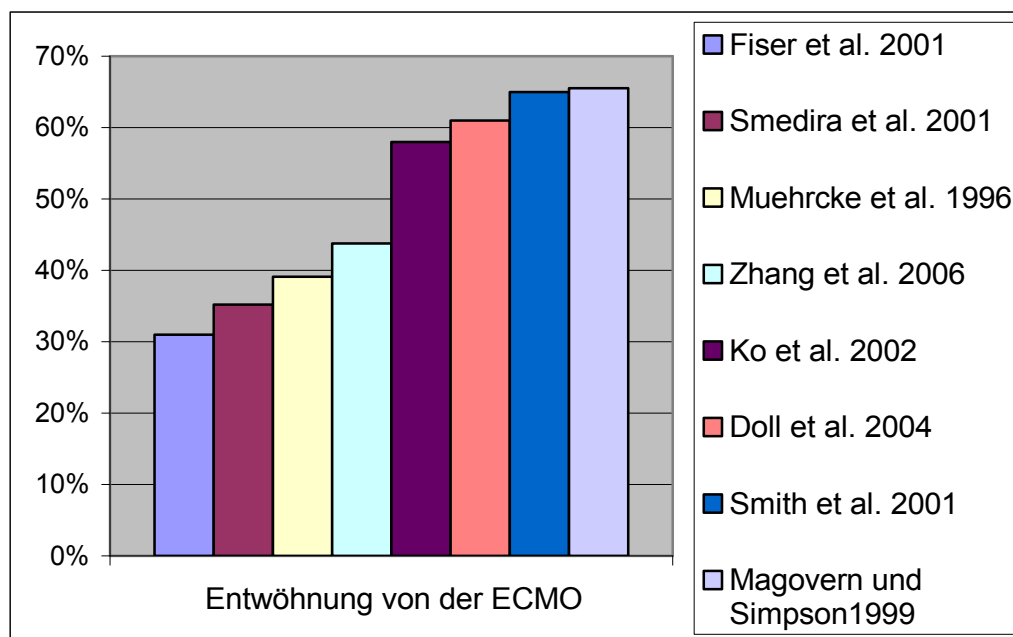


Abb. 23: Entwöhnungsraten von der ECMO verschiedener Publikationen

Eine bedeutende Analyse des ECMO – Einsatzes bei einem Postkardiotomie – Syndrom erfolgte in Leipzig (Doll et al. 2004). Dort konnte eine außerordentlich hohe Entwöhnungsrate – Rate von 61% bei einem großen Patientenkollektiv erzielt werden. Großen Stellenwert hatte hierbei die IABP – Anwendung. Eine zusätzliche Mithilfe in Form der IABP bekamen 66% der Postkardiotomie –

Patienten. Entwöhnte Patienten hatten häufiger eine IABP – Unterstützung als nicht – entwöhnte Patienten (70% vs. 59%). Bei den Langzeitüberlebenden war – im Gegensatz zu Nicht – Überlebenden die IABP häufiger ein tragender Faktor (73% vs. 63%).

Da die Überlebensrate signifikant höher bei Patienten mit IABP war, sind die Autoren überzeugt, dass eine IABP während eines ECMO – Einsatzes wichtig ist, da die Unterlassung einer IABP – Anwendung einen Prädiktor für eine ansteigende Mortalität darstellt. Durch die IABP kann eine zunehmende Pulsatilität, eine verbesserte Koronarperfusion und ein vermindertes ventrikuläres Afterload erzielt werden (Doll et al. 2004). Aus diesem Grund wurde auch andersorts auf die IABP – Unterstützung nicht verzichtet, allerdings wurde hier nicht über einen beeinflussenden Effekt auf die Entwöhnung von der ECMO berichtet (Muehrcke et al. 1996).

Einige Jahre später wurde in Cleveland, Ohio erneut eine Betrachtung des ECMO – Einsatzes beim Herzversagen durchgeführt. Diese Arbeitsgruppe signalisierte ebenfalls den positiven Nutzen einer IABP während der ECMO – Anwendung, wobei bei dieser Untersuchung nicht nur Postkardiotomie – Patienten betrachtet wurden und keine gesonderte Darstellung des IABP – Einflusses bei Postkardiotomie – Patienten mit ECMO geschildert wurde (Smedira et al. 2001).

Über die Patienten, die erfolgreich entwöhnt werden konnten, ist mitzuteilen, dass sie im Gegensatz zu den nicht – entwöhnten Patienten häufiger eine IABP – Implantation (63% vs. 49%) hatten (Smedira et al. 2001).

Eine ebenfalls in Cleveland, Ohio durchgeführte retrospektive Arbeit über den Einsatz einer ECMO bei Patienten mit Postkardiotomie – Syndrom wurde 1996 verwirklicht. Von dieser kleinen Population (n = 23) konnten 39,1% (n = 9) erfolgreich entwöhnt werden. Positive Faktoren für eine Entwöhnung werden nicht beschrieben. Andererseits ermittelte die Autorengruppe aber Risikofaktoren für die Unmöglichkeit einer Entwöhnung von der ECMO. Dabei handelte es sich um Patientinnen und eine persistierende linksventrikuläre Dilatation in der Echokardiographie. Unklar bleibt, warum bei Frauen die Mortalität erhöht war (Muehrcke et al. 1996).

In der Klinik für Thorax – und Gefäßchirurgie der Universität Virginia Health Sciences Center in Charlottesville, Virginia wurde ebenfalls eine Gruppe von Patienten mit Postkardiotomie – Syndrom beurteilt (Fiser et al. 2001). Hierbei wurden als Tatsachen für ein schlechteres Entwöhnen das Alter über 65 Jahre, das auch mit einem verminderten Überleben korrelierte, und eine Ejektionsfraktion von unter 30% dokumentiert (Fiser et al. 2001).

Der Einfluss einer geringeren präoperativen linksventrikulären Ejektionsfraktion kann durch eine andere Studie bestätigt werden: hier war sie bei Patienten, die nicht entwöhnt werden konnten, geringer war als bei der entwöhnten Population (Zhang et al. 2006).

Patienten mit einer ECMO konnten nach einer Herztransplantation erfolgreicher entwöhnt werden, verglichen mit Patienten an einer ECMO ohne Herztransplantation. Auch Patienten, die einen isolierten Klappeneingriff aufwiesen, konnten besser entwöhnt werden, als Patienten, bei denen eine Koronarrevaskularisation oder eine Koronarrevaskularisation mit Klappenersatz indiziert war. Dies hatte jedoch keinen Einfluss auf das Überleben (Fiser et al. 2001).

In einer Zeit, in der das Patientenalter immer weiter zunimmt, muss der mögliche Alterseinfluss bei der Entwöhnung von einer ECMO mit in die Betrachtung einfließen. Zusätzlich summieren sich im Alter die Risikofaktoren, die mit einer erhöhten perioperativen Morbidität und Letalität bei kardiochirurgischen Eingriffen assoziiert sind. Da aber kardiochirurgische Eingriffe die Lebensqualität verbessern und die Selbstständigkeit der Patienten erhalten können, sollten diesen Patienten aufgrund ihres Alters ein kardiochirurgischer Eingriff nicht vorenthalten werden (Trummer und Beyersdorf 2005). Aus diesem Grund wird auch der ECMO – Einsatz bei älteren Patienten publiziert. So wurde bei einem ECMO – Einsatz bei einer älteren Population festgestellt, dass ohne ECMO die Mortalität bei 90% liegt – mit ECMO kann diese deutlich reduziert werden: es überlebten mit ECMO 41% der Patienten (Smith et al. 2001).

Bei intensiver Analyse ergab sich hier, dass Patienten jenseits des 70. Lebensjahres seltener entwöhnt werden konnten und seltener überlebten als Patienten, die jünger waren (38% vs. 89% Entwöhnung, 12,5% vs. 67% Überlebende) (Smith et al. 2001). Das mittlere Alter der Überlebenden lag bei

62 Jahren – das der Nicht – Überlebenden bei 74 Jahren (Smith et al. 2001). Ein direkter Altersvergleich wurde in Japan durchgeführt. Hierbei wurden zwei Patientengruppen verglichen, die anhand des Alters eingeteilt worden waren. Die Indikation zur ECMO bestand hier nicht nur beim Postkardiotomie – Syndrom (n=37), sondern zusätzlich bei primärem Herzversagen (n=51), Lungenembolie (n=2) und anaphylaktischem Schock (n=1) (Saito et al. 2007). Die Patienten, die jünger als 75 Jahre waren, erzielten eine höhere Entwöhnungsrate als die älteren Patienten (63,3% vs. 50%). Eine Entlassung war bei 44,3 % vs. 41,7% der Patienten möglich. Somit existiert keine Differenz in den Überlebensraten zwischen den beiden Gruppen. Der Nachteil bei den älteren Patienten bestand in einer 46 – tägigen, längeren Phase einer Rekonvaleszenz während und nach einer ECMO. Dennoch ist auch bei älteren Patienten ein deutlicher Nutzen für den Patienten vorhanden, wenn eine ECMO durchgeführt wird (Saito et al. 2007).

Bei Betrachtung der Ergebnisse anderer renommierter ECMO – Zentren ist festzuhalten, dass die in Jena reflektierte Patientengruppe mit einer ECMO – Entwöhnungsrate von 36,6% im unteren Bereich angegebener Publikationen lag. Als positiver Einfluss für ein erfolgreiches Entwöhnen von der ECMO kann die IABP – Anwendung erneut bestätigt werden.

Trotz schwerer Myokardischämien im Rahmen eines akuten Myokardinfarktes war bei den Betroffenen die Entwöhnung erfolgreich.

Ein negativer Einfluss des weiblichen Geschlechts ist in Jena nicht nachweisbar. Die Aussage über die kritische Dilatation des linken Ventrikels kann weder bestätigt noch dementiert werden, da diese nicht Gegenstand der Untersuchung war.

Außer der Dokumentation der Entwöhnung von der ECMO ist auch die Möglichkeit einer Entlassung der Patienten aus dem Krankenhaus wesentlich. Diese kann maßgeblich verlängert sein, wenn Komplikationen auftreten, die behandlungspflichtig sind.

Hierbei sind ebenfalls verschiedene Raten bei verschiedenen Arbeitsgemeinschaften feststellbar (Abbildung 24). So sind Entlassungen aus dem Krankenhaus zwischen 16% (Fiser et al. 2001), 24% (Doll et al. 2004),

25% (Zhang et al. 2006), 26,3% (Ko et al. 2002), 30,4% (Muehrcke et al. 1996), 36% (Magovern und Simpson 1999) und 41% (Smith et al. 2001) möglich.

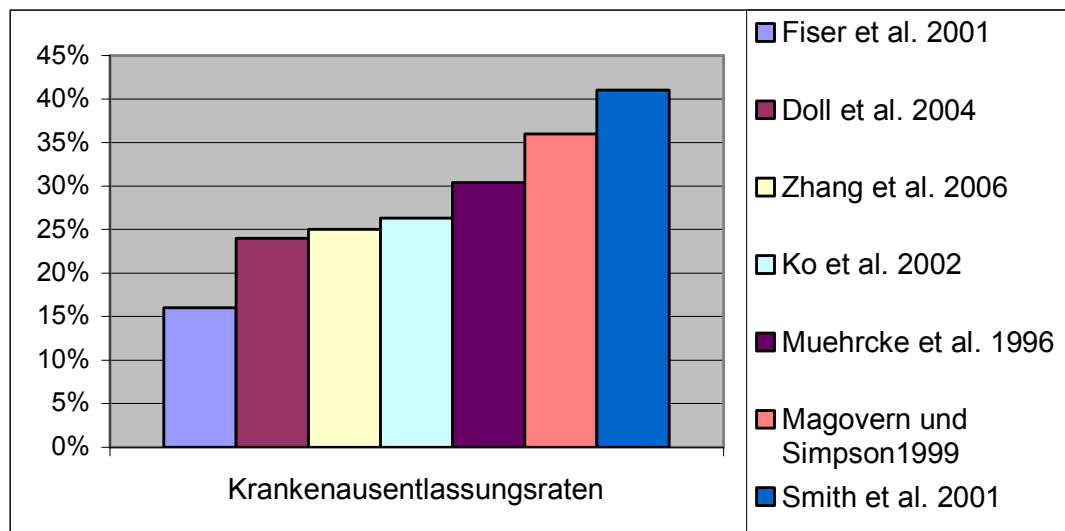


Abb. 24: Krankenhausentlassungsraten verschiedener Publikationen

Bei dieser Betrachtung wird deutlich, dass bei der hier untersuchten Patientengruppe nur sehr wenige Patienten entlassen werden konnten ( $n = 7$ , 9,9%). Als Ursache wird angenommen, dass es keine Ausschlusskriterien für diese Untersuchung gab, denn es wurden alle ECMO – Patienten in dieser Studie aufgenommen. Somit wurden auch Patienten aufgenommen, bei denen als ultima ratio – auch unter laufenden Reanimationsmaßnahmen – eine ECMO implantiert wurde und ggf. auch um einen Patienten aus dem OP auf die Intensivstation zu verlegen.

Neben der Unmöglichkeit der Entwöhnung von der ECMO spielen die Komplikationen eine große Beteiligung für die Dauer eines Krankenhausaufenthaltes. So war es in unserer Studie folgendermaßen, dass die Hospitalverweildauer  $278,4 \pm 328,8$  Stunden betrug. Die Laufzeit der ECMO erstreckte sich über  $46,5 \pm 46,5$  Stunden. In der Literatur sind ähnliche Laufzeiten  $58,4 \pm 35,1$  Stunden notiert (Muehrcke et al. 1996).

Nicht nur die Klinik für Herz – und Thoraxchirurgie der FSU hatte mit Komplikationen während der ECMO – Therapie zu kämpfen. Andere Autoren berichteten von der Notwendigkeit einer Rethorakotomie bei mediastinaler Blutung (62%), Nierenversagen (58%), Infektionen (24%), Ischämien der

unteren Extremitäten (13%) und neurologischen Komplikationen (16%), die sich aus zerebralen Hämorrhagien (32,5%), zerebralen Ödemen (38%) und Infarkten (29,5%) zusammen setzen (Doll et al. 2004).

Ein erneuter operativer Eingriff zur Blutstillung war auch in Cleveland, Ohio erforderlich. Beinischämien waren nur bei Patienten mit peripherer Kanülierung via Femoralarterie erforderlich. Eine renale Dysfunktion mit der Notwendigkeit einer Dialyse (39,1%) oder einer kontinuierlichen venovenösen Ultrafiltration (13%) zählten zu ebenfalls aufgetretenen Komplikationen (Muehrcke et al. 1996).

Häufige Komplikationen waren Infektionen (30,4%), die sich aus Bakteriämien und Mediastinitis zusammen setzten, wobei ein Patient eine Endokarditis entwickelte und daran verstarb (Muehrcke et al. 1996). Während des ECMO – Einsatzes traten auch in einem anderen Kollegium Infektionen (49%) und Beinischämien mit ihren Folgen (25%) auf (Smedira et al. 2001).

In Jena bestand als die Hauptkomplikation die Blutung (35,2%). Unter diesem Hintergrund waren Rethorakotomien zur Hämatomausräumung (28,2%) erforderlich. Blutungen in der Leisten mit Hämatombildungen oder Nachblutungen (n=5, 7%) konnten ebenfalls nicht verhindert werden. Ein Kompartment – Syndrom (n=5, 7%) mit der Notwendigkeit einer Fasziotomie führte bei einem Patienten zu der Notwendigkeit einer Unterschenkelamputation (n=1, 1,4%).

Im Vergleich mit der internationalen Literatur ist erkennbar, dass Rethorakotomien oft bei ECMO – Einsätzen notwendig werden. In Jena war die Rethorakotomie – Rate allerdings geringer als in Leipzig (28,2% vs. 63%, Doll et al. 2004).

Beinischämien und Kompartment – Syndrome waren bei unserer Patientengruppe geringer (7% vs. 13% (Doll et al. 2004) vs. 25% (Smedira et al. 2001). Neurologische Komplikationen mit zerebralen Hämorrhagien und Ödembildungen waren, ebenso wie renale Dysfunktionen, nicht dokumentiert. Infektionen und septische Geschehen in Jena werden bei Betrachtung der Todesursachen deutlich.

Die Todesursachen in der Literatur umfassten ein refraktäres Herzversagen (71%), das Multiorganversagen (14%), zerebraler Infarkt/Blutung (5%), Sepsis

(4%), ARDS (2,5%), disseminierte intravasale Gerinnung (1%), Darmischämie (1%), Lungenembolie (1%) und die Penetration des Oesophagus mittels endotrachealem Tubus (0,5%) (Doll et al. 2004).

Die Mortalität wird mit 76% angegeben, wobei diese bei Patienten mit Koronarrevaskularisation und Aortenklappenersatz signifikant höher ausgefallen war. Bei dieser Patientengruppe war die Hospitalverweildauer signifikant kürzer. Unabhängige Prädiktoren für ein Überleben im Krankenhaus waren ein jüngeres Alter, das Fehlen einer präoperativen myokardialen Infarzierung, das Fehlen eines Diabetes mellitus, die Verwendung einer IABP und die folgenden Eingriffe: pulmonale Embolektomie, Mitralklappenersatz, Aortenaneurysma-resektion, Doppelklappenersatz, Verschluss einer Typ A – Aortendissektion, Verschluss eines Ventrikelseptumdefektes, Trikuspidalklappenersatz und Pulmonalklappenersatz, Perikardektomie, Koronarrevaskularisation und endoventrikuläre Resektion eines Aneurysmas des linken Ventrikels (Doll et al. 2004).

Für das Überleben nach fünf Jahren waren unabhängige Prädiktoren ein junges Lebensalter und das Fehlen eines Diabetes mellitus (Doll et al. 2004).

Die Todesursachen bei Fiser und Kollegen waren Herzversagen (63%), Schlaganfall (28%), Multiorganversagen und Sepsis (7%) und respiratorische Insuffizienz (2%). Außerdem ereigneten sich auch hier dialysepflichtiges Nierenversagen und eine signifikante untere gastrointestinale Blutung mit Transfusionsbedarf (Fiser et al. 2001).

Auch in Jena dominierten das Kreislaufversagen mit Schock (59,2%), die Sepsis mit Multiorganversagen (29,6%) und eine Lungenembolie mit Todesfolge (1,4%).

Es ist somit kein einzelnes Auftreten in einer einzelnen Institution, sondern die Kombination aus schwerkranken Patienten und einem ECMO – Einsatz mit seinen Komplikationen, die zum Versterben der Patienten führen. In unserem Fall lag die Sterblichkeit bei 90,1%. Dies ist eine sehr hohe Mortalität im Vergleich zu anderen ECMO – Einrichtungen. Die mögliche Ursache für eine solch hohe Mortalität, die bereits genannt wurde, liegt in einer uneingeschränkten Aufnahme aller ECMO – Patienten in diese Untersuchung und in der ultima ratio – Implantation bei prolongiertem Herzversagen.

Bei der Recherche nach Mortalitätsraten beschrieben verschiedene Studien diese zwischen 50% und 76% (Golding 1991, Smith et al. 2001, Smedira et al. 2001, Goldstein und Oz 2000, Magovern et al. 1994, Reedy et al. 1990, Ko et al. 2002, Doll et al. 2004).

Als beeinflussender Faktor auf die Sterblichkeit wird die Nicht – Verwendung einer IABP genannt. Nicht – Überlebende hatten seltener eine zusätzlich Hilfe in Form einer IABP (Doll et al. 2004, Smedira et al. 2001).

Das weibliche Geschlecht war mit einer höheren Mortalität behaftet (Muehrcke et al. 1996).

Die genannten Faktoren hatten in der Jenaer Untersuchung keinen Einfluss auf die Mortalität der Patienten. In unserer Studie waren als beeinflussende Faktoren auf die Sterblichkeit das Vorhandensein eines akuten Myokardinfarktes ( $p < 0,01$ ) und die Gegenwart einer chronischen Niereninsuffizienz ( $p < 0,01$ ) zu verzeichnen. Andere Faktoren wie das Alter, der EuroSCORE und weitere Begleiterkrankungen spielten keine Rolle.

Trotz der hohen Mortalitätsrate darf nicht vergessen werden, dass durch den ECMO – Einsatz – auch für die verstorbenen Patienten – eine, wenn auch kleine Chance auf Leben ermöglicht wurde. Allerdings ist nicht das bloße Überleben das Ziel des ärztlichen Handelns. Auch die Betrachtung der Lebensqualität gehört in den Fokus unserer Aufmerksamkeit.

Unsere Patienten wurden deshalb – ebenso wie ihre Hausärzte – zu ihrer Lebensqualität befragt.

Die Patienten, die überlebt hatten, hatten ein mittleres NYHA – Stadium von  $2,4 \pm 0,8$  erzielt. Bei der Selbsteinschätzung ihrer Lebensqualität konnte ein befriedigendes Ergebnis erzielt werden (Schulnote  $3 \pm 1,1$ ). Eine vergleichbare Selbsteinschätzung ist in der Literatur bislang noch nicht dokumentiert worden. Ausschließlich eine Einschätzung der Lebensqualität anhand der NYHA – Stadien durch die behandelnden Ärzte ist in der Literatur dokumentiert.

Die Postkardiotomie – Patienten in Leipzig erreichten nach fünf Jahren das NYHA – Stadium 2 (Doll et al. 2004). Auch die ältere Population in Melbourne, Australien berichtete über eine Zufriedenheit des alltäglichen Lebens. Diese Patienten waren zufrieden mit ihrer Gesundheit und betrachteten ihre Behandlung lohnend (Smith et al. 2001).



Ursachen einer Wiederaufnahme in ein Krankenhaus bestanden aufgrund von Routineuntersuchungen, Pneumonien und sechs nicht – kardiochirurgische Eingriffen (Doll et al. 2004).

Somit konnten die Überlebenden aus Jena – trotz ihrer geringen Anzahl – im internationalen Vergleich sowohl nach subjektiver, als auch nach objektiver Einschätzung – einen gleichwertigen klinischen Status erreichen.

Leider gehören zur Betrachtung eines Therapieerfolges nicht ausschließlich das Überleben und die Lebensqualität eines Patienten. In dieser ökonomisierten Welt, die auch vor der Medizin nicht innehält, gehört zur Reflexion einer Therapiemaßnahme immer die Schilderung der finanziellen Belastungen.

Im deutschsprachigen Raum werden für ECMO – Einsätze in der Erwachsenenmedizin 20.000 bis 30.000 Euro veranschlagt, wobei die ECMO – Materialkosten in der Einrichtung der Autoren im Mittel 8.000 Euro zur ARDS – Therapie betragen (Meinhardt und Quintel 2002).

Anhand der detaillierten Darstellung der ECMO – Kosten im Ergebnisteil wird deutlich, dass sich der durchschnittliche finanzielle Aufwand eines Postkardiotomie – Patienten auf 3.905,15 Euro beläuft. Eine derart detaillierte Aufstellung war in keiner Publikation zu eruieren.

Unter Berücksichtigung dieses finanziellen und ggf. logistischen Aufwands steht auch heute noch an erster Stelle eine konservative Therapie des Postkardiotomie – Syndroms. Diese Stufentherapie umfasst eine adäquate Volumentherapie und den Einsatz positiv inotroper Medikamente. Bei inadäquater Reaktion und ohne ausreichende Wiederherstellung eines Kreislaufs tritt die Indikation zur IABP an erste Stelle der Therapie. Fehlt auch weiterhin ein ausreichendes Herzzeitvolumen und ist eine Rekompensation nicht möglich, wird eine ECMO – Implantation erforderlich. Durch diese temporäre Unterstützung ist eine längere Zeitspanne gegeben, in der die Ärzte und Patienten über eine aggressivere Therapie nachdenken können (Ko et al. 2002).

## **7 Schlussfolgerungen**

Diese retrospektive Analyse betrachtet die Anwendung einer ECMO bei Patienten nach Herzoperationen. Die ECMO bietet dabei eine Gelegenheit zur Therapie des Postkardiotomie – Syndroms, wenn konservative Therapieoptionen allein nicht mehr ausreichen.

Von 71 konsekutiven Patienten konnten primär 36,6% entwöhnt und 9,9% aus dem Krankenhaus entlassen werden. Die Hospitalmortalität liegt bei 90,1%. Trotz der relativ kleinen Population und der retrospektiven Betrachtung des Einsatzes der ECMO bei Patienten mit vorausgegangener Herzoperation können einige Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die klinische Praxis gewonnen werden.

Für eine Behandlung mit der ECMO bei kardiochirurgischen Patienten empfiehlt sich die konsequente zusätzliche Anwendung einer IABP, um mithilfe der Pulsatilität eine verbesserte Koronarperfusion zu erreichen.

Patienten mit akutem Myokardinfarkt sollten von einer ECMO nicht ausgeschlossen werden, zumal alle Überlebenden einen AMI aufwiesen und dennoch eine befriedigende Lebensqualität erreicht haben und im Alltag körperlich belastbar sind (NYHA  $2,4 \pm 0,8$ ).

Patienten, die lediglich eine Koronarrevaskularisation erhielten und es sich dabei nicht um einen Notfalleingriff handelte, zeigten einen Vorteil im Überleben.

Nach Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse können wir uns der Aussage anschließen, dass die Anwendung einer ECMO bei kardiogenem Schock, der Unmöglichkeit der Entwöhnung vom kardiopulmonalen Bypass (Postkardiotomie – Syndrom) oder zur Überbrückung bis zur Transplantation gerechtfertigt ist (Smith et al. 2001, Muehrcke et al. 1996).

Aufgrund der raschen Implantation – auch unter Reanimationsbedingungen – bietet die ECMO Postkardiotomie – Patienten eine Chance zur Erholung, die sonst sterben würden (Smedira et al. 2001, Ko et al. 2002, Doll et al. 2004). Daraus resultierend stellt die ECMO eine kurzfristige Herzunterstützung dar, die

nicht auf junge Menschen begrenzt werden sollte, da auch ältere Patienten (>75 Jahre) von einer ECMO profitieren können (Saito et al. 2007).

Aufgrund der hohen Kosten, die mit einem ECMO – Einsatz verbunden sind, sowie der speziellen kardiochirurgischen Ausbildung bleibt die ECMO auch weiterhin eine den Zentren vorbehaltene Therapieoption für das Low – output – Syndrom.

Möglicherweise kommen die Erfahrungen mit der ECMO nach Postkardiotomie – Syndrom auch Patienten im kardiogenen Schock in Zukunft zu Gute. Ein aktuelles Projekt beinhaltet die Implantation der ECMO vor Ort, beispielsweise in einem auswärtigen Herzkatheterlabor mit anschließendem Transport in das Klinikum der FSU Jena.

Da mit ihrer Hilfe eine gute Lebensqualität erzielt werden kann, ist der ECMO – Einsatz grundsätzlich bei Patienten nach herzchirurgischen Eingriffen zu befürworten.

## **8 Literaturverzeichnis**

1. Andrews AF, Klein MD, Toomasian JM, Roloff DW, Bartlett RH. 1983. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation in neonates with respiratory failure. *J Pediatr Surg*, 18:339-346.
2. Arafa OE, Geiran OR, Andersen K, Fosse E, Simonsen S, Svennevig JL. 2000. Intra-aortic balloon pumping for predominantly right ventricular failure after heart transplantation. *Ann Thorac Surg*, 70:1587-1593.
3. Arafa OE, Thore HP, Svennevig JL, Fosse E, Geiran OR. 1999. Vascular complications of the intraaortic balloon pump in patients undergoing open heart operations: 15-year experience. *Ann Thorac Surg*, 67:645-651.
4. Barnard CN. 1967. The operation. A human cardiac transplant, an interim report of a successful operation performed at Groote Schuur Hospital, Cape Town. *S Afr Med J*, 41:1271-1274.
5. Bavaria JE, Furukawa S, Kreiner G, Gupta KB, Streicher J, Edmunds LH. 1990. Effect of circulatory assist devices on stunned myocardium. *Ann Thorac Surg*, 45:123-128.
6. Bavaria JE, Ratcliffe MB, Gupta KB, Wenger RK, Bogen DK, Edmunds LH. 1988. Changes in left ventricular systolic wall stress during biventricular circulatory assistance. *Ann Thorac Surg*, 45:526-532.
7. Bowen FW, Carboni AF, O'Hara ML, Pochettino A, Rosengard BR, Morris RJ, Gorman RC, Gorman JH, Acker MA. 2001. Application of „double bridge mechanical“ resuscitation for profound cardiogenic shock leading to transplantation. *Ann Thorac Surg*, 72:86-90.
8. Braunwald E, Jones RH, Mark DB, et al. 1994. Diagnosing and managing unstable angina. *Circulation*, 90:613-622.

9. Bryukhonenko SS. 1928. An apparatus for artificial blood circulation (in warm blooded animals). Bulletin.
10. Bullinger M, Kirchberger I. 1998. SF – 36 Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung. 1. Aufl. Göttingen: Hogrefe, Verlag für Psychologie.
11. Busch T, Sirbu H, Zenker D, Dalichau H. 1997. Vascular complications related to intra – aortic balloon counterpulsation: an analysis of ten years experience. Thorac Cardiovasc Surg, 45:55-59.
12. Clauss RH, Missier P, Reed GE, Tice D. 1962. Assisted circulation by counter – pulsation with an intra – aortic balloon. Methods and effects. In. Digest, 15th Annual Conference on Engineering in Medicine and Biology. Chicago: Northwestern University 4:44.
13. Creswell LL, Rosenbloom M, Cox JL, et al. 1992. Intra – aortic balloon counterpulsation: patterns of usage and outcome in cardiac surgery patients. Ann Thorac Surg, 54:11-20.
14. Delius R, Anderson H, Schumacher R, et al. 1993. Venovenous compares favorably with venoarterial access for extracorporeal membrane oxygenation in neonatal respiratory failure. J Thorac Cardiovasc Surg, 106:329-338.
15. Doll N, Kiaii B, Borger M, Bucerius J, Krämer K, Schmitt DV, Walther T, Mohr FW. 2004. Five – year results of 219 consecutive patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postoperative cardiogenic shock. Ann Thorac Surg, 77:151-157.
16. ELSO International Registry 07/2002 (<http://www.else.med.umich.edu/>)

17. Fasseas P, Cohen M, Kopistansky C, et al. 2001. Pre – operative intra – aortic balloon counterpulsation in stable patients with left main coronary disease. *J Invasive Cardiol*, 10:679-683.
18. Felker GM, Adams KF, Jr., Konstam MA, O'Connor CM, Gheorghiade M. 2003. The problem of decompensated heart failure: nomenclature, classification, and risk stratification. *Am Heart J*, 145: 18-25.
19. Ferguson JJ 3rd, Cohen M, Jr. Freedman RJ, et al. 2001. The current practice of intra-aortic counterpulsation: results from the Benchmark Registry. *J Am Coll Cardiol*, 38: 1456-1462.
20. Ferrari M, Wittmann C, Neumann S, Panzer W, Figulla HR. 1998. Die perkutan implantierbare Herz – Lungen – Maschine erweitert die therapeutischen und diagnostischen Möglichkeiten bei therapierefraktärem Kreislaufstillstand – Fallpräsentation und Übersicht. *Intensivmed Notfallmed*, 35:56-61.
21. Fiser SM, Tribble CG, Kaza AK, Long SM, Zacour RK, Kern JA, Kron IL. 2001. When to discontinue extracorporeal membrane oxygenation for postcardiotomy support. *Ann Thorac Surg*, 71:210-214.
22. Frazier OH, Macris MP, Radovancevic B. 1996. Support and replacement of the failing heart. Philadelphia – New York: Lippincott – Raven.
23. Gibbon JH. 1954. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med*, 37:171.
24. Gibbon JH. 1939. The maintenance of life during experimental occlusion of the pulmonary artery followed by survival. *Surg Gyn Obstet*, 69:602.
25. Golding LAR. 1991. Postcardiotomy mechanical support. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 3:29-33.

26. Goldstein DJ, Oz MC. 2000. Mechanical support for postcardiotomy cardiogenic shock. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 12:220-228.
27. Görler H, Haverich A. 2004. Herztransplantation und Assist Devices. *Herz Volume* 29,7:695-701.
28. Henne – Bruns D, Dürig M, Kremer B. 2001. Prinzip der extrakorporalen Zirkulation (EKZ). In: Henne – Bruns D, Dürig M, Kremer B, Hrsg. *Chirurgie*. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme – Verlag, 948-955.
29. Herold, G, Hrsg. 2005. *Innere Medizin. Eine vorlesungsorientierte Darstellung*. Aktualisierte Auflage. Köln: Eigenverlag.
30. Herrmann C, Buss U, Snaith RP. 1995. HADS – D Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version. Ein Fragebogen zur Erfassung von Angst und Depressivität in der somatischen Medizin. Testdokumentation und Handanweisung. Bern: Verlag Hans Huber.
31. Holmes DR, Califf RM, Werf F van de, et al. 1997. Difference in countries' use of resources and clinical outcome for patients with cardiogenic shock after myocardial infarction: results from the GUSTO trial. *Lancet*, 349:75-78.
32. Kantrowitz A, Kantrowitz A. 1953. Experimental augmentation of coronary flow by retardation of the arterial pressure pulse. *Surgery*, 34:678-687.
33. Kantrowitz A, Tjonneland S, Freed PS, Phillips SJ, Butner AN, Sherman JL Jr. 1968. Intraaortic balloon pumping (Letter). *JAMA*, 203:988.
34. Kern MJ, Aguirre FV, Caracciolo EA et al. 1999. Hemodynamic effects of a new intraaortic balloon counterpulsation timing methods in patients: a multicenter evaluation. *Am Heart J*, 1129-1136.

35. Kitamura M, Aomi Shigeyuki, Hachida M, et al. 1999. Current strategy of temporary circulatory support for severe cardiac failure after operation. *Ann Thorac Surg*, 68:662-665.
36. Ko WJ, Lin CY, Chen RJ, Wang SS, Lin FY, Chen YS. 2002. Extracorporeal membrane oxygenation support for adult postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg*, 73:538-545.
37. LeGallois CJJ. 1812. *Expériences sur le principe de la vie*. Paris.
38. Lewis T, Graham TR. 1995. *Mechanical Circulatory Support*. London, Boston, Sydney, Auckland: Edward Arnold.
39. Lindbergh CA. 1935. An apparatus for the culture of whole organs. *J Exp Med*, 62:409.
40. Magliato KE, Kleisli T, Soukiasian HJ, et al. 2003. Biventricular support in patients with profound cardiogenic shock: a single center experience. *ASAJO J*, 49:475-479.
41. Magovern GJ Jr, Magovern JA, Benckart DH, et al. 1994. Extracorporeal membrane oxygenation: preliminary results in patients with postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg*, 57:1462-1468.
42. Magovern GJ, Simpson KA. 1999. Extracorporeal membrane oxygenation for adult postcardiotomy support: the Allegheny experience. *Ann Thorac Surg*, 68:655-661.
43. Mehlhorn U, Kröner A, Vivie ER de. 1999. Thirty years clinical intra – aortic balloon pumping: facts and figures. *Thorac Cardiovasc Surg*, 47:298-303.
44. Mehlhorn U, Vivie R de. 2001. Mechanische Unterstützung mit der intraaortalen Ballonpumpe. *Dtsch Ärztebl*, 98:A2653-2658.



45. Meinhardt JP, Quintel M. 2002. Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) im Erwachsenenalter. *Intensivmed*, 39: 694-706.
46. Möhnle P, Kilger E. 2002. Kreislaufunterstützung durch die intraaortale Ballongegenpulsation. *Anaesthesist*, 51:687-701.
47. Mols G, Loop T, Hermle G, Buttler J, Huber B, Schubert J, Benzing A. 2001. Zehn Jahre Erfahrung mit extrakorporaler Membranoxygenierung (ECMO). *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 36:4-14.
48. Morris AH, Wallace CJ, Menlove RL, Clemmer TP, Orme JF, Weaver LK, Dean NC, Thomas F, East TD, Pace NL et al. 1994. Randomized clinical trial of pressure – controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO<sub>2</sub> removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*, 149 (2 Pt 1):295:305.
49. Muehrcke DD, McCarthy PM, Stewart RW, Foster RC, Ogella DA, Borsh JA, Cosgrove III DM. 1996. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Postcardiotomy Cardiogenic Shock. *Ann Thorac Surg*, 61:684-691.
50. Pagani FD, Aaronson KD, Swandiker F, Bartlett RH. 2001. The use of extracorporeal life support in adult patients with primary cardiac failure as a bridge to implantable left ventricular assist device. *Ann Thorac Surg*, 71(Suppl):77-81.
51. Pagani FD, Lynch W, Swaniker F, et al. 1999. Extracorporeal life support to left ventricular assist device bridge to heart transplant – a strategy to optimize survival and resource utilization. *Circulation*, 100(Suppl 2):206-210.
52. Quaal SJ, et al. 1993. Cardiac mechanical assistance beyond balloon pumping. St.Louis: Mosby.

53. Rastan AJ, Doll N. 2003. Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO/ECLS – Kardiale Indikation). In: Feindt P, Hrsg. Synopsis der biologischen und mechanischen Kreislaufunterstützung. 1. Aufl. Darmstadt: Steinkopp – Verlag, 11 – 25.
54. Ratcliffe MB, Bavaria JE, Wenger RK, Bogen DK, Edmunds LH. 1991. Left ventricular mechanics of ejecting, postischemic hearts during left ventricular circulatory assistance. J Thorac Cardiovasc Surg, 101:245-255.
55. Reedy JE, Swartz MT, Raithel SC, Szukalski EA, Pennington DG. 1990. Mechanical cardiopulmonary support for refractory cardiogenic shock. Heart Lung, 19:514-523.
56. Reinhartz O, Wallenta M. 2003. Intraaortale Gegenpulsation (IABP). In: Werdan K, Trappe HJ, Zerkowski HR. (Hrsg.). Das Herz – Buch – Praktische Herz – Kreislauf – Medizin. 1. Aufl. München: Urban & Fischer 285-288.
57. Saito S, Nakatani T, Kobayashi J, Tagusari O, Bando K, Niwaya K, Nakajima H, Miyazaki S, Yagihara T, Kitamura S. 2007. Is extracorporeal life support contraindicated in elderly patients? Ann Thorac Surg, 83:140-145.
58. Schröder, M. 2003. Vier Jahre Erfahrungen mit dem TCI HeartMate in Münster: Eine Analyse klinischer und laborchemischer Parameter [Dissertation]. Münster: Westfälische Wilhelms – Universität.
59. Seo T, Ito T, Iio K, Kato J, Takagi H. 1991. Experimental study on the hemodynamic effects of veno – arterial extracorporeal membrane oxygenation with an automatically driven blood pump on puppies. Artif Organs, 15:402-407.

60. Smedira NG, Moazami N, Golding CM, McCarthy PM, Apperson – Hansen C, Blackstone EH, Cosgrove DM. 2001. Clinical experience with 202 adults receiving extracorporeal membrane oxygenation for cardiac failure: Survival at five years. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 122: 92-102.
  
61. Smith C, Bellomo R, Raman JS, Matalanis G, Rosalion A, Buckmaster J, Hart G, Silvester W, Gutteridge GA, Smith B, Doolan L, Buxton BF. 2001. An extracorporeal membrane oxygenation – based approach to cardiogenic shock in an older population. *Ann Thorac Surg*, 71:1421-1427.
  
62. Torchiana DF, Hirsch G, Buckley MJ, et al. 1997. Intra – aortic balloon pumping for cardiac support: trends in practice and outcome, 1968 to 1995. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 113:758-769.
  
63. Tosson R, Klak K, Sivitanidis E, Laczkovics A, Merget R, Wiebalck A. 2001. Die extrakorporale Kreislaufzirkulation bei der Behandlung von Lungenkrankheiten. *Pneumologie*, 55:409-413.
  
64. Trummer G, Beyersdorf F. 2005. Herzchirurgische Eingriffe beim älteren Patienten. *Dtsch Med Wochenschr*, 130:731-734.
  
65. Van Aken H, Reinhardt K, Zimpfer M. 2007. *Intensivmedizin*. 2. überarbeitete Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
  
66. Wollert KC, Drexler H. 1998. Akute Herzinsuffizienz. *Internist*, 39: 459-66.
  
67. Wong KC. 1929. China's contribution to the science of medicine. *China Med J*, 43:1193.
  
68. Zapol WM, Snider MT, Hill JD, Fallat RJ, Bartlett RH, Edmunds LH, Morris AH, Peirce EC, Thomas AN, Proctor HJ, Drinker PA, Pratt PC, Bagniewski A, Miller RG. 1979. Extracorporeal membrane oxygenation in

severe acute respiratory failure. A randomized prospective study. JAMA, 242(20):2193-2196.

69. Zhang R, Kofidis T, Kamiya H, Shrestha M, Tessmann R, Haverich A, Klima U. 2006. Creatine kinase isoenzyme MB relative index as predictor of mortality on extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy cardiogenic shock in adult patients. Eur J Cardiothorac Surg, 30:617-620.
70. Zimpfer D, Heinisch B, Czerny M, Hoelzenbein T, Taghavi S, Wolner E, Grimm M. 2006. Late Vascular Complications after Extracorporeal Membrane Oxygenation Support. Ann Thorac Surg, 81: 892-895.

## **9 Anhang**

### **9.1 Danksagung**

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Artur Lichtenberg für die Übernahme des Themas. Ein besonders großer Dank gilt Herrn Dr. med. Torsten Bossert für die Bereitschaft, die Betreuung der Arbeit zu übernehmen und für seine hervorragende Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten.

Des Weiteren geht ein großer Dank an Frau Dr. med. Katharina Ferrari – Kühne, die mir mit viel Geduld, Engagement und Motivation während aller Arbeitsphasen zur Seite stand.

Auch Frau Dr. phil. Jenny Rosendahl gilt mein Dank, da sie mir beim Auswerten der Fragebögen umfassende Hilfestellung anbot.

Außerdem möchte ich allen Mitarbeitern des Sekretariats der Herz – und Thoraxchirurgie Jena, vor allem Kathleen Noack, und den Sekretariaten der Intensivstationen und der Klinik für Innere Medizin des Uniklinikums Jena für Ihre Unterstützung bei der Beschaffung der Patientenakten danken.

Ein herzlicher Dank gilt den Patienten, die bereitwillig Auskunft über ihren aktuellen Gesundheitszustand und ihre, zum Teil, lange Krankengeschichte gaben.

Mitwirkend waren auch Herr Markus Rudloff, leitender Kardiotechniker, und Frau Susanne Mehlhorn, medizinisches Controlling, die mit Bildmaterial und Angaben über Kosten zur ECMO einen großen Beitrag leisteten.

Für großartige Unterstützung danke ich an dieser Stelle Frau Silke Siebert und Herrn Peter Stephan sowie Frau Maria Schäfer für ein offenes Ohr und ihre unermüdliche Motivation.

## **9.2 Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich – Schiller – Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes unterstützt haben:

Herr Dr.med. Torsten Bossert  
Herr PD Dr.med. habil. Ulrich Franke  
Frau Dr.med. Katharina Ferrari – Kühne  
Frau Dr.phil. Jenny Rosendahl

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

### **9.3 Erläuterungen zu Formeln, SCOREs und Klassifikationen**

#### **EuroSCORE:**

Zur Risiko – Stratifizierung wurde der EuroSCORE ermittelt. Der EuroSCORE dient zur Abschätzung des individuellen Patienten – Operationsrisikos. Werte bis zu zwei Punkte gelten als geringes Risiko, während ein mittleres Risiko bei drei bis fünf Punkten besteht. Ab sechs Punkte ist ein hohes Risiko zu erwarten.

Aus folgenden Faktoren errechnet sich der EuroSCORE:

1. Alter:	61-65	1 Punkt (P)
	66-70	2 P
	71-75	3 P
	76-80	4 P
	81-85	5 P
	86-90	6 P
2. Geschlecht:	männlich	0 P
	weiblich	1 P
3. COPD – Langzeitanwendung von Bronchodilatoren oder Steroiden:		0 o.1 P
4. Extrakardiale Arterienerkrankung bei Vorliegen von Symptomen/Claudicatio A. carotis interna, Verschluss/ Stenose bei 50%, vorausgegangene Operationen an Aorta, Arterien der unteren Extremität oder der Carotiden:		0 o. 2 P
5. Neurologische Erkrankungen – die die Fortbewegung oder den Alltagsablauf beeinträchtigen:		0 o. 2 P
6. Reoperationen – vorausgegangene Perikarderöffnungen:		0 o. 3 P
7. Niereninsuffizienz – präoperatives Kreatinin >200µmol/l:		0 o. 2 P

8. akute Endokarditis und andauernde Antibiotika – Therapie: 0 o. 3 P

9. präoperativ Intensivstation oder Z.n. kardiopulmonaler Reanimation, Beatmung, präoperativer IABP, präoperativ Katecholaminpflicht, Nierenversagen, Oligurie < 10ml/h, Kammertachykardie, Kammerflimmern, Asystolie: 0 o. 3 P

#### kardial

10. instabile Angina pectoris: i.v. Nitro bis zur Narkoseeinleitung: 0 o. 2 P

11. eingeschränkte Ejektionsfraktion: EF 30-50%: 0 o. 1 P  
< 30%: 0 o. 3 P

12. frischer Myokardinfarkt < 90 Tage: 0 o. 2 P

13. pulmonale Hypertonie: systol. PA > 60 mmHg: 0 o. 2 P

#### Operationen

14. Notfallindikation: Operation sofort oder am nächsten Arbeitstag: 0 o. 2 P

15. Kombi – Eingriff – kein isolierter AVCB – Eingriff: 0 o. 2 P

16. Thorakaler Aorteneingriff: 0 o. 3 P

17. Postinfarkt VSD: 0 o. 4 P

#### **Body – Mass – Index (=BMI):**

Gewicht in Kilogramm Körpergewicht Größe in Meter zum Quadrat

BMI < 19 = Untergewicht

BMI 19 – 25 = Normalgewicht

BMI 25 – 30 = Präadipositas

BMI 30 – 35 = Adipositas Grad I

BMI 35 – 40 = Adipositas Grad II

BMI > 40 = Adipositas Grad III



### **NYHA – Klassifikation:**

Die NYHA – Klassifikation dient zur Stadieneinteilung der Herzinsuffizienz.

<b>Klasse</b>	<b>Klinischer Befund</b>	<b>Hämodynamischer Befund</b>
I	Keine Beschwerden bei normaler Belastung	Erhöhte Füllungsdrücke unter Belastung, normales Herzzeitvolumen
II	Keine Beschwerden in Ruhe und bei leichter Belastung, aber bei normaler Belastung	Erhöhte Füllungsdrücke bereits in Ruhe, normale Herzzeitvolumen
III	Keine Beschwerden in Ruhe, aber bei leichter Belastung	Normales Herzzeitvolumen, jedoch unzureichender Anstieg bei Belastung
IV	Beschwerden in Ruhe, Verstärkung bei leichter Belastung	Erniedrigtes Ruheherzzeitvolumen

### **Stadieneinteilung der Herzinsuffizienz:**

Klinische Stadien der New York Heart Association

Hämodynamische Kriterien nach Roskamm und Reindell (Schröder 2003).

## **9.4 Fragebogen**

Hier die verwendeten Fragebögen, mit denen die Patienten befragt wurden.

### **Der Short Form (SF) – 12 – Health Survey**

1) Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand beschreiben?

- ☐ ausgezeichnet
- ☐ sehr gut
- ☐ gut
- ☐ weniger gut
- ☐ schlecht

2) Wie stark sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei mittelschweren Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, Kegeln, eingeschränkt?

- ☐ stark eingeschränkt
- ☐ etwas eingeschränkt
- ☐ überhaupt nicht eingeschränkt

3) Wie stark sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand eingeschränkt, wenn Sie mehrere Treppenabsätze steigen?

- ☐ stark eingeschränkt
- ☐ etwas eingeschränkt
- ☐ überhaupt nicht eingeschränkt

4) In den vergangenen vier Wochen haben Sie bei der Arbeit oder zu Hause weniger geschafft als Sie wollten, wegen Ihrer körperlichen Gesundheit?

- ☐ ja
- ☐ nein

5) In den vergangenen vier Wochen haben Sie bei der Arbeit oder zu Hause nur bestimmte Dinge tun können, wegen Ihrer körperlichen Gesundheit?

- ☐ ja
- ☐ nein

- 6) In den vergangenen vier Wochen haben Sie bei der Arbeit oder zu Hause weniger geschafft als Sie wollten, wegen seelischer Probleme, z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten?
- ☐ ja
  - ☐ nein
- 7) In den vergangenen vier Wochen konnten Sie nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten wegen seelischer Probleme, z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten?
- ☐ ja
  - ☐ nein
- 8) Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen vier Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?
- ☐ überhaupt nicht
  - ☐ ein bisschen
  - ☐ mäßig
  - ☐ ziemlich
  - ☐ sehr
- 9) Wie oft waren Sie in den vergangenen vier Wochen ruhig und gelassen?
- ☐ immer
  - ☐ meistens
  - ☐ ziemlich oft
  - ☐ manchmal
  - ☐ selten
  - ☐ nie
- 10) Wie oft waren Sie in den vergangenen vier Wochen voller Energie?
- ☐ immer
  - ☐ meistens
  - ☐ ziemlich oft
  - ☐ manchmal
  - ☐ selten

- nie

11) Wie oft waren Sie in den vergangenen vier Wochen entmutigt und traurig?

- immer
- meistens
- ziemlich oft
- manchmal
- selten
- nie

12) Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder Ihre seelischen Probleme in den vergangenen vier Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (z.B. Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

- immer
- meistens
- manchmal
- selten
- nie

### **HADS –Hospital Anxiety and Depression Scale**

A1) Ich fühle mich angespannt oder überreizt.

- meistens
- oft
- von Zeit zu Zeit/gelegentlich
- überhaupt nicht

D1) Ich kann mich heute noch so freuen wie früher.

- ganz genau so
- nicht ganz so sehr
- nur noch ein wenig
- kaum oder gar nicht

A2) Mich überkommt eine ängstliche Vorahnung, dass etwas Schreckliches passieren könnte.

- ja, sehr stark
- ja, aber nicht allzu stark
- etwas, aber es macht mir keine Sorgen
- überhaupt nicht

D2) Ich kann lachen und die lustige Seite der Dinge sehen.

- ja, so viel wie immer
- nicht mehr ganz so viel
- inzwischen viel weniger
- überhaupt nicht

A3) Mir gehen beunruhigende Gedanken durch den Kopf.

- ein Großteil der Zeit
- verhältnismäßig oft
- von Zeit zu Zeit, aber nicht allzu oft
- nur gelegentlich/nie

D3) Ich fühle mich glücklich.

- überhaupt nicht
- selten
- manchmal
- meistens

A4) Ich kann behaglich dasitzen und mich entspannen.

- ja, natürlich
- gewöhnlich schon
- nicht oft
- überhaupt nicht

D4) Ich fühle mich in meinen Aktivitäten gebremst.

- fast immer
- sehr oft
- manchmal
- überhaupt nicht

A5) Ich habe manchmal ein ängstliches Gefühl in der Magengegend.

- überhaupt nicht
- gelegentlich
- ziemlich oft
- sehr oft

D5) Ich habe das Interesse an meiner äußeren Erscheinung verloren.

- ja, stimmt genau
- ich kümmere mich nicht so sehr darum, wie ich sollte
- möglicherweise kümmere ich mich zu wenig darum
- ich kümmere mich so viel darum wie immer

A6) Ich fühle mich rastlos, muss immer in Bewegung sein.

- ja, tatsächlich sehr
- ziemlich
- nicht sehr

- überhaupt nicht

D6) Ich blicke mit Freude in die Zukunft.

- ja, sehr
- eher weniger als früher
- viel weniger als früher
- kaum bis gar nicht

A7) Mich überkommt plötzlich ein panikartiger Zustand.

- ja, tatsächlich sehr oft
- ziemlich oft
- nicht sehr oft
- überhaupt nicht

D7) Ich kann mich an einem guten Buch, einer Radio – oder Fernsehsendung freuen.

- oft
- manchmal
- eher selten
- sehr selten

## **9.5 Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: TCI HeartMate	11
Abb. 2: Eine IABP	11
Abb. 3: Der platzierte Ballon einer IABP	12
Abb. 4: Abbildung einer ECMO	15
Abb. 5: Schematische Illustration des ECMO – Aufbaus	16
Abb. 6: ECMO – Einsatz im Jenaer Operationssaal	16
Abb. 7: Die Kanülierung einer ECMO am Patienten im OP	17
Abb. 8: Die femorale Kanülierung der ECMO	18
Abb. 9: Übersicht über die Perfusionstechniken	18
Abb. 10: Thrombosierungen im Oxygenator einer ECMO	22
Abb. 11: Komplikation nach axillärer Kanülierung einer ECMO	23
Abb. 12: Kardiochirurgische Eingriffe	30
Abb. 13: Kanülierungsformen der ECMO	32
Abb. 14: Kanülierungslokalisationen der ECMO	33
Abb. 15: Implantationsorte der ECMO	33
Abb. 16: Übersicht der verstorbenen, entwöhnten und entlassenen Patienten	36
Abb. 17: Komplikationen bei ECMO – Implantation	38
Abb. 18: Häufigkeit der einzelnen Todesursachen	39
Abb. 19: Kardiochirurgische Eingriffe bei Überlebenden	42
Abb. 20: Kanülierungslokalisationen bei Überlebenden	42
Abb. 21: Kanülierungsformen der Überlebenden	43
Abb. 22: ECMO – Konsole	45
Abb. 23: Entwöhnungsraten von der ECMO verschiedener Publikationen	48
Abb. 24: Krankenhausentlassungsraten verschiedener Publikationen	52

## **9.6 Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Übersicht der Herzunterstützungssysteme	10
Tab. 2: Patientendemographie	29
Tab. 3: Übersicht der Patienten, der Verstorbenen und Überlebenden	41